

## **Vzájemné zálohování uzlů 110 kV/vn v ostravské aglomeraci s využitím sítí vn**

Mutual backup of 110 kV/MV nodes in Ostrava agglomeration using MV networks

Prohlašuji, že jsem tuto diplomovou práci vypracoval samostatně. Uvedl jsem všechny literární prameny a publikace, ze kterých jsem čerpal.

V Ostravě dne 6.5.2011

.....  
Roman Vaculík

Souhlasím se zveřejněním této diplomové práce dle požadavků čl. 26, odst. 9 Studijního a zkušebního řádu pro studium v magisterských programech VŠB-TU Ostrava.

V Ostravě dne 6.5.2011

.....  
Zástupce fy ČEZ Distribuce, a.s.  
Ing. Jiří Šoltys

Tímto bych chtěl poděkovat vedoucímu diplomové práce panu doc. Ing. Radomíru Goňovi, Ph.D. a odbornému konzultantovi z firmy ČEZ Distribuce, a.s., panu Ing. Jiřímu Šoltysovi za profesionální přístup k problematice, cenné rady a podnětné náměty při zpracování této diplomové práce.

## **Abstrakt**

Práce se zabývá dimenzováním elektroenergetických sítí a jejich výpadky. Jsou zde popsány druhy výpadků sítí, možné příčiny jejich vzniku, doby trvání a odstranění. Výpadek způsobí krátkodobé nebo dlouhodobé omezení odběratelům elektrické energie, za které mohou podle platné legislativy za určitých podmínek žádat finanční kompenzaci. Pro ostravskou aglomeraci byly vybrány rozvodny 110 kV/vn, u kterých je řešeno zálohování pro případ výpadku některého z prvků elektrizační soustavy (transformátoru 400/110 kV, vedení vvn 110 kV a transformátorů 110/22 kV případně 110/10 kV). Zálohování je provedeno prostřednictvím manipulací v síti vvn 110 kV a manipulacemi v sítích vn.

## **Abstract**

The thesis deals with the dimensioning of the power grids and with the outages. The types of the outages, the possible reasons of their occurrence, failure duration and the clearing time are described. The outages the current consumers temporary or lasting restraints. According to the valid legislation the consumer can under certain condition claim a compensation for the loss of earnings. For Ostrava agglomeration the 110 kV/MV distribution points are selected. The problem of their outages in case of failure of some of the elements of the power system (transformer 400/110 kV, high voltage line 110 kV and transformer 110/22 kV eventually 110/10 kV) is solved. The backup is carried out by means of handling in the high-voltage system 110 kV and in mid-voltage networks.

## **Klíčová slova**

Elektrické ochrany, elektrizační soustava, manipulace, přípojnice, rozvodna, výpadek, transformátor, vedení, vývod vedení z rozvodny, zálohování

## **Key words:**

Electric protection, power system, manipulation, busbar, distribution point, outage, transformer, power line, outgoing line from distribution point, backup

## Seznam použitých symbolů a zkratk


ČSN	česká státní norma	$J$	moment setrvačnosti síly ( $\text{m}^4$ )
DS	distribuční soustava	$j$	pořadové číslo události v hodnoceném období
DTS	distribuční trafostanice	$K$	koeficient respektující materiál, teplotu jádra před zkratem a po zkratu
EDE	elektrárna Dětmárovice	$L_K$	celková délka vedení (km)
ES	elektrizační soustava	$l$	délka vodiče (m)
MKD	mikrodsipečink síť vn	$l_m$	maximální délka vedení (m)
MCA	multikriteriální analýza	$M_i$	proudový moment (A.m)
OKD	společnost Ostravsko - Karvinské doly, a.s.	$N_{co}$	celkové náklady odběratele (Kč)
PS	přenosová soustava	$N_{jh}$	počet připojených odběratelů v $i$ -tém bodu sítě na napěťové hladině $h$
UPS	zkratka názvu užívaného pro záložní zdroje elektrické energie (Uninterruptible Power Supply Source)	$N_{sh}$	celkový počet zákazníků připojených k napěťové hladině $h$ ke konci kalendářního roku
$a$	napětí ulic (V)	$N_S$	celkový počet zákazníků v soustavě (nn, vn, vvn) ke konci předchozího kalendářního roku
$B$	susceptance ( $\Omega$ )	$n_{jh}$	celkový počet zákazníků přímo napojených z napěťové hladiny $h$ v $i$ -tém bodě soustavy, jímž byla přerušena dodávka el. energie
$\cos\varphi$	účinník (-)	$P$	činný výkon (W)
$F_k$	síla působící na vodič (N)	$P_{Průměr.}$	průměrný dodávaný výkon zdroji el. energie do rozvodny za den (MW)
$f$	frekvence (kmitočet) (Hz)	$Q$	jalový výkon (var)
$f_i$	součin soudobostí jednotlivých odběrů (-)	$R$	činný odpor ( $\Omega$ )
$f_0$	rezonanční frekvence (kmitočet) (Hz)	$R_K$	odpor na kilometr délky ( $\Omega.\text{km}^{-1}$ )
$G$	moment setrvačnosti plochy vodiče ( $\text{kg}.\text{m}^{-1}$ )	$S$	průřez vodiče ( $\text{mm}^2$ )
$h$	označení hodnocené napěťové hladiny	$S_{inst}$	jmenovitý výkon instalovaného transformátoru (MVA)
$I_A$	proud zajišťující samočinné vybavení ochranného prvku (A)	$S_{HOSP}$	hospodárný průřez vedení ( $\text{mm}^2$ )
$I_{Ke}$	ekvivalentní oteplovací proud (A)	$t_{ji}$	doba trvání $i$ -tého manipulačního kroku v rámci $j$ -té události
$I_m$	dovolené proudové zatížení (A)	$t_K$	doba trvání zkratu (s)
$I_{TSF}$	proudové zatížení sekundárního vinutí transformátoru vztažené k jmenovitému proudovému zatížení vinutí transformátoru (%)	$U, U_f$	fázová hodnota napětí (V)
$I_P$	výpočtový proud (A)	$U_S$	sdužená hodnota napětí (V)
$I_{2MAX}$	jmenovitá hodnota proudového zatížení sekundárního vinutí transformátoru (A)	$U_0$	jmenovité napětí proti zemi (V)
$i$	pořadové číslo manipulačního kroku v rámci $j$ -té události	$\Delta U$	fázový úbytek napětí (V)
		$\Delta U_S$	sdužený úbytek napětí (V)
		$X_K$	reaktance na kilometr délky ( $\Omega.\text{km}^{-1}$ )
		$Y$	admittance (S)


$Y_K$	admitance na kilometr délky (S.km <sup>-1</sup> )	$ Y $	admitanční matice soustavy (S)
$Z$	impedance (Ω.km <sup>-1</sup> )	$\alpha$	úhel vedení (°)
$Z_S$	impedance poruchové smyčky (Ω)	$\lambda_{jh}$	intenzita výpadků v i-tém bodu sítě na napěťové hladině $h$ (rok <sup>-1</sup> )
$Z_K$	impedance na kilometr délky (Ω)	$\rho$	rezistivita (Ω.mm <sup>2</sup> .m <sup>-1</sup> )
$z$	zatížení na 1 m délky vodiče (W.m <sup>-1</sup> )	$\sigma$	proudová hustota (A.mm <sup>-2</sup> )
$z_p$	činitel přidavného zatížení (-)	$\sigma_m$	měrná hustota zatížení (kW.km <sup>-1</sup> )
$ I $	vektor uzlových proudů (A)	$\tau_{jh}$	střední doba trvání výpadku sítě na napěťové hladině $h$ v i-tém bodě soustavy (min)
$ I^* $	vektor komplexně sdružených proudů (A)	$\varphi$	fázový posun mezi napětím a proudem (°)
$ S $	vektor uzlových výkonů (VA)		
$ U $	vektor uzlových napětí (V)		
$ U_d $	diagonální matice soustavy (V)		

## Označení rozvoden


ALB_	rozvodna Albrechtice	OVRU	rozvodna Ostrava Rudná
CLOU	rozvodna Černá Louka	PASK	rozvodna Paskov
ETBE	rozvodna Třebovice	STCD	rozvodna Studénka ČD
HZI_	rozvodna Horní Životice	VRAT	rozvodna Vratimov
KUNC	rozvodna Kunčice	VYSC	rozvodna Výškovice
LIS_	rozvodna Lískovec	MCHZ	rozvodna Moravské chemické závody Ostrava
MART	rozvodna Martinov		
OVET	rozvodna Teplárna Ostrava		


## Barevné značení prvků užitých ve schématech a jeho význam


 US\_OS\_3156 Červená barva označuje zapnutý prvek sítě.

 US\_OS\_3156 Zelená barva označuje vypnutý prvek sítě.

## Značky prvků užitých ve schématech a jejich význam

 OS\_9157 Symbol pro distribuční trafostanici, někdy označována jako DTS, s odpínači, které nejsou ovládány dálkově.

 US\_OS\_3157 Je symbol pro odpínač. Zařízení lze použít pro manipulace v síti pod zatížením. Je-li pozadí čtverce plné, lze jej ovládat přímo z MKD dispečerem a jsou-li v pozadí prvku pouze dvě vodorovné čáry je prvek ovládán místně pomocí ovládacího táhla.

 US\_OS\_3156

□ US\_OS\_3157

Čtverec s bílým pozadím je symbolem pro inteligentní odpínač. Zařízení vypíná automaticky síť při zkratech. Obsahuje střadačový mechanismus a po vypnutí zařízení je nutné jej opětovně místně natáhnout.



**Obrázek 1** Vpravo inteligentní odpínač FLA fy Dribo a vlevo úsekový odpínač VLK fy IVEP Brno

◆ US\_OS\_3074

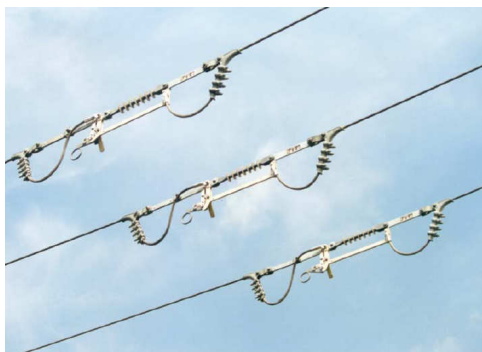
Je symbolem prvku sítě, tzv. recloseru, který je používán pro manipulaci v síti při zatížení, lze jím vypínat i zkrat.



**Obrázek 2** Venkovní dálkově ovládaný automatický recloser SADS OSM27 pro síť 22 kV

⚠ 02Flr3

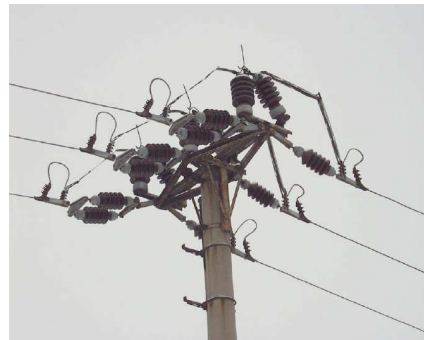
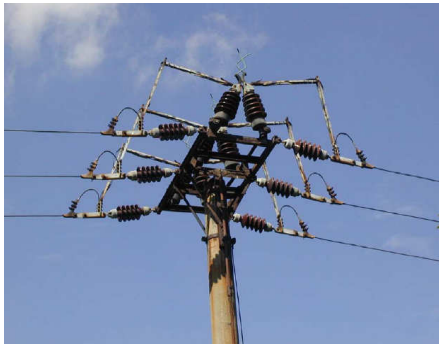
Je symbolem tří jednopólových dpojovačů typu FLR. Manipulace v síti lze provádět bez zatížení. Stav zařízení v MKD nastavuje elektrodispečer.



**Obrázek 3** Vlevo úsekový odpojovač zavěšený v lanech Flr-v a vpravo úsekový odpojovač na kotevním izolátoru Flr-k. Výrobce firma Dribo, s.r.o

⊖ US\_OS\_3157

Je symbolem pro odpojovač, který je v síti ovládán místně. Zařízení je používáno pro manipulace bez zatížení.



Obrázek 4 Úsekový odpojovač UO 22 fy SEZ Kropachy

## Význam výplně prvku

⊖ US\_OS\_3156

Symbol dvou vodorovných úseček v barvě prvku na barvě pozadí. Prvek je ovládán místně, stav prvku je v MKD je nastavován dispečerem.

◆ US\_OS\_3074

Jednobarevná výplň pozadí prvku. Prvek je ovládán dálkově z dispečinku. Stav prvku je nastavován automaticky po manipulaci.

□ US\_OS\_3157

Prvek je prázdný (má barvu pozadí). Prvek je ovládán z MKD, pouze došlo ke komunikační chybě mezi tímto zařízením a MKD. Jedná se o zpochybnitelnou hodnotu stavu.

## Znaménková konvence

Znaménko „+“

Označuje hodnotu odebíraného výkonu, respektive proudu z rozvodny, odběrateli elektrické energie.

Znaménko „-“

Označuje hodnotu dodávaného výkonu, respektive proudu do rozvodny, z jiných rozvoden nebo zdrojů elektrické energie.

Ostatní symbolika a zkratky jsou uvedeny v textu s okamžitým vysvětlením.

# Obsah

1.	Úvod - Elektrizační soustava.....	1
2.	Elektroenergetické sítě .....	3
2.1.	Rozdělení elektroenergetických sítí .....	3
2.2.	Dimenzování vodičů.....	4
2.3.	Sítě paprskové .....	7
2.4.	Sítě průběžné .....	9
2.5.	Sítě okružní .....	12
2.6.	Sítě hřebenové .....	14
2.7.	Mřížové sítě.....	16
2.8.	Městské sítě .....	18
2.9.	Sítě vvn a zvn .....	19
3.	Legislativní rámec .....	21
3.1.	Kategorie přerušení přenosu nebo distribuce elektřiny .....	22
3.2.	Postupy a vykazování úrovně.....	23
3.2.1.	Distribuční soustava .....	23
3.2.2.	Přenosová soustava .....	25
3.3.	Stav nouze .....	27
4.	Návrh na zálohování vybraných uzlů sítě .....	28
4.1.	Sítě vvn 110 kV.....	28
4.2.	Výpadek sítě vvn 110 kV .....	29
5.	Výpadek sítě 110 kV napájející rozvodny KUNC a CLOU.....	30
5.1.	Rozvodna Kunčice (KUNC) .....	30
5.1.1.	Rozvodna Kunčice – část vvn 110 kV .....	30
5.1.2.	Rozvodna Kunčice – část vn 22 kV .....	30
5.1.2.1.	Zálohování rozvodny KUNC z rozveden Albrechtice, CLOU, PASK a OVRU .....	33
5.1.3.	Selektivita.....	37
5.2.	Rozvodna Černá Louka (CLOU) .....	38
5.2.1.	Rozvodna Černá Louka – část vvn 110 kV .....	38
5.2.2.	Rozvodna Černá Louka – část vn 22 kV .....	38
5.2.2.1.	Zálohování rozvodny CLOU z rozveden OVET, ETBE, Mariánské Hory a Nová Radnice (Varianta 1) .....	40
5.2.2.2.	Zálohování rozvodny CLOU z rozveden OVET, ETBE, Mariánské Hory a Nová Radnice (Varianta 2) .....	42
6.	Výpadek sítě 110 kV napájející rozvodnu PASK .....	45
6.1.	Rozvodna Paskov (PASK) .....	45
6.1.1.	Rozvodna Paskov – část vvn 110 kV .....	45
6.1.2.	Rozvodna Paskov – část vn 22 kV .....	46
6.1.2.1.	Zálohování rozvodny PASK 22 kV z rozvodny Lískovec (Varianta 1).....	47
6.1.2.2.	Napájení rozvodny PASK 22 kV z rozvodny Lískovec (Varianta 2).....	49
6.1.3.	Rozvodna Paskov – část vn 10 kV .....	51
6.1.3.1.	Zálohování rozvodny PASK 10 kV z rozvodny VYSC .....	52

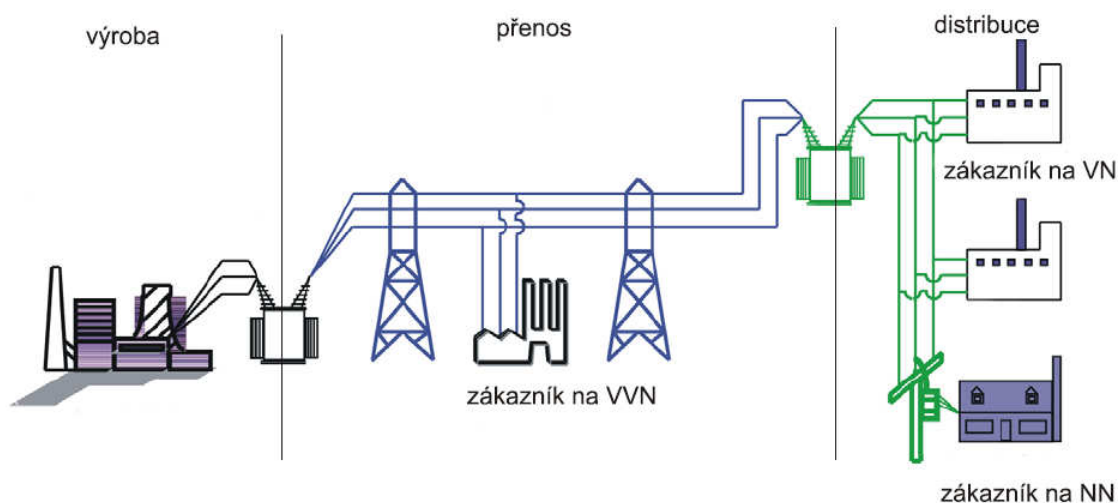


7.	Výpadek sítě 110 kV napájející rozvodny MART, OVRU, VYSC, ETBE a OVET .....	54
7.1.	Rozvodna Martinov (MART) .....	55
7.2.	Rozvodna Ostrava – Rudná (OVRU) .....	56
7.2.1.	Rozvodna Rudná – část vvn 110 kV .....	56
7.2.2.	Rozvodna Rudná – část 22 kV .....	56
7.2.2.1.	Popis navržených variant .....	57
7.2.2.2.	Zálohování rozvodny OVRU z rozvoden Zábřeh a KUNC (Varianta 1) .....	57
7.2.2.3.	Zálohování rozvodny OVRU z rozvodny ETBE (Varianta 2) .....	59
7.2.2.4.	Zálohování rozvodny OVRU z rozvoden Mariánské Hory a CLOU (Varianta 3) .....	60
7.2.3.	Rozvodna Rudná – část 10 kV .....	62
7.3.	Rozvodna Výškovice (VYSC) .....	64
7.3.1.	Popis stávajícího stavu .....	64
7.3.2.	Zálohování rozvodny VYSC z rozvoden OVRU a PASK .....	64
7.4.	Rozvodna Teplárna Ostrava .....	68
7.4.1.	Popis stávajícího stavu .....	68
7.4.2.	Rozvodna Teplárna Ostrava – část vn 22 kV (rozvodna SME) .....	69
7.4.3.	Zálohování rozvodny OVET z rozvoden CLOU, Nová Radnice a ETBE (Varianta 1) .....	70
7.4.4.	Zálohování rozvodny OVET z rozvoden CLOU, KUNC, Nová Radnice a ETBE (Varianta 2) .....	72
7.4.5.	Zálohování rozvodny OVET z rozvoden ETBE, CLOU, Nová Radnice a KUNC (Varianta 3) .....	74
7.5.	Rozvodna Třebovice (ETBE) .....	76
7.5.1.	Rozvodna Třebovice – část vvn 110 kV .....	76
7.5.2.	Rozvodna Třebovice – část vn 22 kV .....	76
7.5.2.1.	Zálohování rozvodny ETBE z rozvoden CLOU, Mariánské Hory, OVET, STCD a PASK ...	78
8.	Technicko – ekonomické hodnocení variant .....	81
8.1.	Ocenění nedodané energie dodavatele .....	81
8.2.	Ocenění nedodané energie odběratele .....	81
8.3.	Hodnocení variant programem MCA .....	82
8.4.	Počet omezených zákazníků .....	83
8.5.	Ekonomika dimenzování vedení .....	83
9.	Závěr .....	85
10.	Seznam použité literatury .....	87
11.	Seznam obrázků .....	89
12.	Seznam tabulek .....	90
13.	Seznam příloh .....	92

# 1. Úvod - Elektrizační soustava

Elektrizační soustavou (ES) se podle [1] rozumí vzájemně propojený soubor zařízení pro výrobu, přenos, transformaci a distribuci elektrické energie. Při rovnovážném stavu ES jsou stavové veličiny systému konstantní. Ovšem ES je nutno chápat jako dynamický systém, neboť okamžitá hodnota vnitřních stavových veličin závisí na okamžitých hodnotách řízení a na stavu ES v daném okamžiku. Změnou jednoho parametru ES, čímž může být zapnutí nebo vypnutí vedení, sepnutí přípojnic atp., dochází v ES k přechodným jevům, které mají za následek po svém odeznění nový rovnovážný stav ES.

Základním úkolem ES je spolehlivá dodávka elektrické energie odběratelům v požadovaném množství a dohodnuté kvalitě v požadovaném čase a s minimálními náklady a dopady na životní prostředí.



Obrázek 5 Soubor prvků elektrizační soustavy

## ***Zajištění požadovaného množství elektrické energie***

Zajištění dostatečného množství el. energie souvisí především s výkonovou bilancí a směry toků výkonů v ES, proto již při plánování rozvoje ES musí být na toto brán ohled.

Aby byla zajištěna dodávka potřebného množství elektrické energie, musí být zajištěna výkonová rovnováha v každém časovém okamžiku, tedy výkon dodávaný zdroji do ES  $P_{max}$  (MW) musí být roven součtu výkonu odebíranému spotřebiteli včetně ztát  $P_{Zmax}$  (MW) a určitého záložního výkonu  $P_R$  (MW) ES, který zvyšuje spolehlivost dodávky elektrické energie. Musí být splněna nerovnost

$$P_{max} \geq P_{Zmax} + P_R \quad (1.1)$$

## ***Zajištění požadované kvality elektrické energie***

Na kvalitě elektrické energie závisí obecně spolehlivost a často i bezpečnost provozu zařízení, se kterým je svázána i ekonomická efektivnost provozu zařízení. Kvalita el. energie je určována v uzlech, ze kterých jsou napájeni jednotliví odběratelé. Hlavními parametry posuzování kvality elektrické energie jsou kmitočet  $f$  (Hz) a napětí  $U$  (kV). Dalšími určujícími provozními parametry jsou podíl harmonických napětí vyšších řádů a symetričnost napětí.

Dovolené hodnoty napětí jsou popsány v kapitole 2.2 v tabulce 2. Kmitočet sítě je kvalitativní celosystémový parametr, který má definované parametry viz tabulka 1.

**Tabulka 1** Kvantitativní vyjádření kmitočtu ES

Typ systému	UCTE	Ostrovní provoz
<b>Základní kmitočet (1. harmonická)</b>	50 Hz	50 Hz
<b>Tolerance pro 99,5 % roku</b>	$\pm 1 \%$ (49,5 Hz – 50,5 Hz)	$\pm 2 \%$ (49 Hz – 51 Hz)
<b>Tolerance pro 100 % roku</b>	+4 %, -6% (47 Hz – 52 Hz)	$\pm 15 \%$ (42,5 Hz – 57,5 Hz)

### ***Zajištění spolehlivosti dodávky elektrické energie***

Provozovatel distribuční soustavy plně odpovídá za kvalitu dodávky elektrické energie. Příčiny, které vedou k přerušení dodávek elektrické energie nebo ke snížení kvality, mají povětšinou nahodilý charakter a mohou to být

- poruchy v ES
- nesprávná predikce potřebného el. výkonu a energie při přípravě provozu
- živelné pohromy apod.

Při přerušení dodávek elektrické energie se určuje množství a cena nedodané energie, přičemž je přihlíženo k citlivosti jednotlivých odběratelů, kteří jsou podle [2] rozdělení do několika charakteristických skupin:

1. První skupina zahrnuje odběratele, u nichž vzniklá škoda závisí pouze na velikosti doby přerušení dodávky el. energie a ztráty jsou spojeny s množstvím nevyrobené produkce a jsou proto přímo úměrné množství nedodané energie, při dané době přerušení napájení jsou úměrné odebíranému výkonu.
2. Druhá skupina představuje odběratele, u kterých vzniklá škoda nezávisí pouze jen na množství nevyrobené produkce, ale škoda je hlavně způsobena přerušením technologického procesu, jehož znovuoobnovení vyžaduje určitou dobu, která je dána technologií výroby. Ztráty jsou pak úměrné celkové době přerušení dodávky el. energie a prostoji.
3. Třetí skupinu tvoří odběratelé u kterých výpadek napájení vytvoří narušení technologického procesu a zničení produkce.
4. Čtvrtá skupina je tvořena odběrateli, u nichž přerušení dodávek má za následek navíc zničení celého technologického zařízení včetně výroby. Ztráty jsou pak extrémně vysoké, neboť jsou spojeny s dobou opravy nebo případné výměny poškozeného zařízení.

Skupinu vyňatou z uvedených čtyř skupin tvoří odběratelé, u kterých přerušení dodávky el. energie je nepřijatelné např. z důvodu nebezpečí výbuchu, v dopravě, u nemocnic a důležitých služeb. Tito odběratelé mají zajištěno náhradní napájení, které může být provedeno náhradním zdrojem elektrické energie (motorgenerátory, UPS, atp.) nebo ze dvou a více na sobě nezávislých přívodů z nadřazené soustavy. Za na sobě nezávislé přívody se považují například dvě linky vedení napájená ze dvou

různých transformátorů, či rozvoden. Výpadek jednoho prvku nesmí zavinit výpadek druhého prvku ES.

Provedení elektrických rozvodů těchto odběratelů definuje norma ČSN 341610, podle které lze odběratele rozdělit do tří stupňů s těmito zásadami dodávky elektrické energie:

1. stupeň dodávky - jsou dodávky, které musí být zajištěny za každých okolností, protože jejich přerušení může způsobit ohrožení lidských životů (např. u zařízení NN jako jsou čerpadla požární vody a výtahy určené k evakuaci osob a materiálu), nebo velké národohospodářské ztráty znehodnocením výroby, zničením zařízení nebo zastavením důležitých strojů sloužících k udržování technologických procesů, které značně převyšují náklady na zajištění 1. stupně. Rozhodnutí, že jde o dodávku 1. stupně, je třeba podložit náležitým technickoekonomickým zdůvodněním.

2. stupeň dodávky - jsou dodávky, které mají být pokud možno zajištěny, protože jejich přerušení a zastavení důležitých strojů může způsobit jen podstatné zmenšení nebo zastavení výroby (aniž by při tom mohlo dojít k ohrožení zdraví osob nebo ztrátám na lidských životech).

3. stupeň dodávky jsou dodávky, které nemusí být zajišťovány zvláštními opatřeními.

## 2. Elektroenergetické sítě

Elektrickou síť se rozumí podle [3] souhrn všech galvanicky spojených částí vedení a stanic téhož napětí, které jsou určeny pro přenos, přeměnu a rozvod elektrické energie. Elektrické sítě různých napětíových a proudových soustav jsou od sebe odděleny transformovkami a měnícími.

Základní požadavky, které jsou kladeny na elektrické sítě

- bezpečný provoz,
- provozní spolehlivost,
- přehlednost, možnost rychlého odstranění poruch,
- hospodárnost provozu,
- možnost rozšiřování elektrických rozvodů a jejich modernizace,
- unifikace jednotlivých částí rozvodu.

Sítě se v převážné části případů dimenzují pro určitý typ odběru, respektive odběrného místa, proto mají svá různá specifika, která je nutno uvažovat již při samém návrhu. Příkladem mohou být rozvody v dolech, hutích a jiných takto specifických průmyslových provozech.

### 2.1. Rozdělení elektroenergetických sítí

Elektrické sítě mohou být děleny z různých hledisek a kritérií. Zde je uveden výčet nejdůležitějších kritérií

- a) Podle proudové a napětíové soustavy
  - síť stejnosměrné
  - síť střídavé (v ČR provozovány s průmyslovým kmitočtem 50 Hz)

- b) podle napěťové hladiny
  - síť malého napětí (mn) – do 50 V včetně
  - síť nízkého napětí (nn) – do 1 kV včetně
  - síť vysokého napětí (vn) – do 52 kV včetně
  - síť velmi vysokého napětí (vvn) – do 300 kV včetně
  - síť zvlášť vysokého napětí (zvn) – do 800 kV včetně
  - síť ultra vysokého napětí (uvn) – nad 800 kV
- c) podle topologie
  - paprskové síť
  - průběžné síť
  - okružní síť
  - mřížové síť
  - hřebenové síť
- d) z hlediska účelu
  - přenosové síť (zvn 400 kV, 220 kV a vybrané síť vvn 110 kV)
  - distribuční síť (vybrané síť vvn 110 kV, vn 35 kV, 22 kV, 10 kV a 0,4 kV)
- e) podle parametrů
  - Síť s prostorově soustředěnými parametry (síť nn a vn) tzv. krátká vedení, u kterých je respektován pouze činný odpor  $R$  u stejnosměrných sítí, u střídavých sítí činný odpor  $R$  a indukčnost vedení  $L$ .
  - Síť s prostorově rozloženými parametry (síť vvn a zvn), tzv. dlouhá vedení, u kterých je respektován činný odpor  $R$ , indukčnost  $L$  a kapacita  $C$ . U vedení se jmenovitým napětím 400 kV a vyšším je nutno respektovat svodovou vodivost  $G$ .
- f) podle provedení
  - holými vodiči
  - izolovanými vodiči
  - kabely

## 2.2. Dimenzování vodičů

Vedení musí být dimenzováno tak, aby splňovalo následující kritéria [6]:

- Při dané proudové zatížitelnosti nesmí být teplota vodiče větší než dovolená.  
Trvalé proudové zatížení jednotlivých typů vodičů při jejich dovolené provozní teplotě je závislé na typu uložení a teplotě okolního prostředí, ve kterém je vodič uložen. Typy uložení, které definují součinitelé uložení  $k_1$  až  $k_n$ , a jim příslušné dovolené proudy pro daný průřez definuje norma ČSN 33 2000-5-523 ed.2 Tabulka A.52-1.

$$I = k_1 \cdot k_2 \cdot \dots \cdot k_n \cdot I_n \quad (\text{A}) \quad (2.1)$$

Pro nízké napětí lze výpočet zjednodušit užitím některého z řady výpočtových programů například program SICHER, firmy OEZ Letohrad, a.s., ECODIAL, atp.

- Úbytek napětí musí být ve stanovených mezích

**Tabulka 2** Dovolené hodnoty normativních úbytků napětí

Napět'ová hladina	Dovolené napět'ové tolerance	Určující norma
NN	10%	ČSN 33 0121
VN	10%	ČSN EN 50 160 ed.3
110 kV	10%	ČSN 33 0120
220 kV	10%	
400 kV	5%	

- Vodiče musí odolávat tepelným účinkům zkratových proudů.  
Podle ČSN EN 60 865-1 je definován minimální průřez vodiče  $S_{min}$  vztahem

$$S_{min} \geq I_{ke} \cdot \frac{\sqrt{t_k}}{K} \quad (\text{mm}^2) \quad (2.2)$$

- Vodiče musí odolávat dynamickým účinkům zkratových proudů  
Kontroluje se síla, která působí mezi vodiči při zkratu. Výpočet je definován v normě ČSN EN 60 865-1. Vodiče jsou nejvíce namáhány v první půlperiodě zkratového proudu. Rovněž je nutno kontrolovat, aby nedocházelo ke vzniku mechanické rezonance, zejména u přípojníc.

$$F_k = 2 \cdot k_1 \cdot k_2 \cdot \frac{I_{km}^2}{a} \cdot 10^{-7} \quad (\text{kN}), \quad (2.3)$$

kde  $I_{km}$  je nárazový zkratový proud  
 $k_1$  je koeficient zohledňující tvar vodiče  
 $k_2$  je koeficient respektující uspořádání vodičů a fázový posun proudů  
 $a$  je vzájemná vzdálenost vodičů

Síla kmitá s frekvencí 100 Hz a mechanické části rozvodů by měly být dimenzovány tak, aby vlastní mechanický rezonanční kmitočet nebyl násobkem 50 Hz. Může být nižší než 50 Hz a nebo by měl být vyšší než 200 Hz. Připouští se i možnost 180 Hz a výše.

$$f_0 = 1571 \cdot \sqrt{\frac{E \cdot J}{G \cdot l^4}} \quad (\text{Hz}), \quad (2.4)$$

kde  $E$  je elektrická pevnost vzduchu  
 $J$  je moment setrvačnosti síly  
 $G$  je moment setrvačnosti plochy vodiče  
 $l$  je délka vodiče

- Průřez vodiče musí být hospodárný.

Hospodárný průřez je definován v normě ČSN 34 1610 a určí se podle vztahu

$$S_{HOSP} = k \cdot I_p \cdot \sqrt{T} \quad (\text{mm}^2), \quad (2.5)$$

kde  $k$  je koeficient respektující druh a materiál vedení  
 $I_p$  je výpočtový proud  
 $T$  je doba plných ztrát

Doba plných ztrát je určena vztahem

$$T = t \cdot \left[ 0,2 \frac{A}{P_p \cdot t} + 0,8 \left( \frac{A}{P_p \cdot t} \right)^2 \right] \quad (\text{h}), \quad (2.6)$$

$A$  je energie přenesená vedením za rok  
 $P_p$  je výpočtový výkon  
 $t$  je počet provozních hodin připojeného zařízení za rok

- Vodiče musí odolávat mechanickému namáhání

Klimatické podmínky mají vliv zejména na vlastnosti venkovních vedení, proto norma ČSN 50 341-3 nařizuje kontrolu mechanického namáhání a průhyb vodičů při rozpětí stožárů větším než 20 m. Vedení se kontroluje v těchto klimatických podmínkách

- 5 °C, bezvětrí, normální námraza
- 5 °C, vítr bez námrazku
- +40 °C, bezvětrí
- 30 °C, bezvětrí
- 5 °C, vítr, námrazek

U venkovních vedení nn, vn, vvn, kde rozpětí jednotlivých stožárů přesahuje rozpětí 50 m je nutno kontrolovat namáhání při zvětšeném námrazku nepřesahuje

- 90% pevnosti u ocelových vodičů
- 85% pevnosti u AlFe lan
- 80% pevnosti u hliníkových vodičů

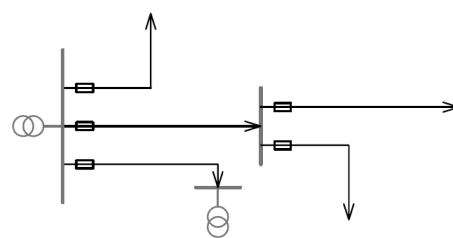
- Musí být zajištěna bezpečnost provozu.

Jedná se zejména o správné působení ochrany před nebezpečným dotykem podle ČSN 332000-4-41 ed.2. Impedance poruchové smyčky musí splňovat vztah

$$Z_S \cdot I_A \leq U_0 \quad (2.7)$$

### 2.3. Sítě paprskové

Paprsková síť je znázorněna na obrázku 6. Nejčastější oblastí využití těchto typů sítí je distribuce elektrické energie v malých městech a vesnicích, popřípadě napájení menších průmyslových závodů. Vedení vychází z transformovny a je vedeno jedním paprskem, který je určen pro napájení jednoho odběratele nebo menší rozvodnice. Tento druh sítí je velmi jednoduchý, snadno se udržuje a rovněž



Obrázek 6 Paprsková síť

se snadno vyhledávají poruchy. Při poruše tento typ rozvodu nemá zajištěno rezervní napájení a dojde k odpojení celého paprsku od vývodu z transformovny až k odběrateli.

#### Dimenzování průřezu paprskové sítě

Při navrhování sítí patří k základním podkladům údaj o spotřebě elektrické energie připojovaného odběru a dané oblasti s výhledovým růstem spotřeby. Životnost elektrické sítě je stanovena na 30 až 40 let. Ve výpočtu se zohledňuje skutečnost, že odběratelé elektrické energie nevyužívají svůj plný instalovaný výkon trvale a některé spotřebiče nepracují současně.

Z instalovaného příkonu odběratele  $P_i$  (kW) se vypočítá výpočtový výkon pomocí součinitele náročnosti  $\beta$  (-).

$$P_p = \beta \cdot P_i \text{ (kW)} \quad (2.8)$$

Pro stanovení součinitele náročnosti existuje několik metod, které lze shrnout takto:

- a) Pro stávající objekty se  $\beta$  stanoví z výsledků měření ročního odběrového diagramu a je definován podle [3] jako poměr maximálního příkonu  $P_{max}$  (kW) k instalovanému příkonu  $P_i$  (kW)

$$\beta = \frac{P_{max}}{P_i} \leq 1 \quad (2.9)$$

- b) U nových objektů se stanoví podle rovnice 2.9 nebo podle vztahu

$$\beta = \frac{k_s \cdot k_z}{\eta_m \cdot \eta_z}, \quad (2.10)$$

kde  $k_s$  je součinitel současnosti, tj. poměr instalovaných výkonů spotřebičů, které jsou současně v chodu k instalovanému výkonu všech spotřebičů (-)

$k_z$  je součinitel využití, tj. poměr skutečného výkonu spotřebičů, které jsou současně v chodu k jejich instalovanému výkonu (-)

$\eta_m$  je účinnost spotřebičů při daném využití (-)

$\eta_z$  je účinnost napájecí soustavy od vývodu z transformovny ke spotřebičům (-)



c) Při neznalosti instalovaných spotřebičů a jejich výkonů se β určí z ČSN 341610.<sup>1</sup>

Při určování výpočtového zatížení  $P_p$  skupiny spotřebičů připojených na jeden napájecí bod se vychází z instalovaného výkonu  $P_i$  spotřebičů a součinitelů náročností stanovených pro danou skupinu spotřebičů z maxima nebo ze vztahu

$$P_p = a \cdot P_x + b \cdot P_n \quad (\text{kW}) \quad (2.11)$$

kde  $P_x$  je součet jmenovitých výkonů x největších spotřebičů (kW)  
 $P_n$  je součet jmenovitých výkonů všech elektrických spotřebičů včetně  $P_x$  (kW)  
 $a, b$  jsou součinitelé náročnosti jednotlivých skupin (-).

Při dimenzování přípojky pro skupinu odběratelů (například bytový dům) se definuje tzv. soudobost  $f(-)$ , což je poměr celkového maxima zatížení více odběratelů za určité časové období k součtu maxim těchto odběratelů.

$$f = \frac{P_{\max}}{\sum_{i=1}^N P_{i(\max)}} \leq 1 \quad (2.12)$$

Zatížení přípojky pro bytový dům se určí jako

$$P_p = f_2 \cdot \sum_{i=1}^N P_{bj} \quad (\text{kW}), \quad (2.13)$$

kde  $f_2$  je soudobost domovních přípojek (-)  
 $P_{bj}$  je maximální zatížení bytové jednotky v domě (kW)

Pro maximální zatížení vývodu z transformovny pak platí vztah

$$P_v = f_1 \cdot \sum_{j=1}^M P_p = f_1 \cdot f_2 \cdot \sum_{i=1}^{(M-N)} P_{bj} \quad (\text{kW}), \quad (2.14)$$

kde  $f_1$  je soudobost domovních přípojek

Z výpočtového výkonu lze určit výpočtový proud

$$I_p = \frac{1000 \cdot P_p}{\sqrt{3} \cdot U_s \cdot \cos \varphi} \quad (\text{A}) \quad (2.15)$$

<sup>1</sup> ČSN 341610, Informativní tabulky, Tab. 12

Na základě výpočtového proudu a znalosti účinníku odběratele (účinník odběru je pevně stanoven na  $\cos\varphi=0,95$ ) lze stanovit průřez vodiče podle vztahu

$$S = \frac{\rho}{\Delta U_{dov}} \cdot l \cdot I_p \cdot \cos \varphi \quad (\text{mm}^2) \quad (2.16)$$

Vypočtený průřez vodiče se zaokrouhluje na nejbližší vyšší průřez z normalizované řady průřezů. Po návrhu průřezu je vedení opět nutno zkontrolovat z hlediska úbytku napětí na konci vedení. Úbytek musí být v předepsaných tolerancích podle tabulky 2. Úbytek napětí způsobuje jak činná, tak jalová složka proudu, se kterou se v praxi neuvažuje. Parametry vedení činný odpor a reaktanci na kilometr délky  $R_K$  ( $\Omega/\text{km}$ ) a  $X_K$  ( $\Omega/\text{km}$ ) jsou uvedeny v katalozích jednotlivých výrobců vodičů

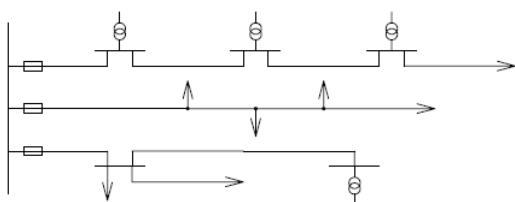
$$\Delta U = R_K \cdot l \cdot I \cdot \cos \varphi + X_K \cdot l \cdot I \cdot \sin \varphi \quad (\text{V}) \quad (2.17)$$

Činné ztráty způsobuje rovněž jalová i činná složka proudu. Při znalosti velikosti odebíraného výkonu lze velikost činných ztrát stanovit podle vztahu

$$\Delta P = R \cdot \frac{P_p^2}{U_s^2 \cdot \cos \varphi} = \rho \cdot \frac{l}{S} \cdot \frac{P_p^2}{U_s^2 \cdot \cos \varphi} \quad (\text{kW}) \quad (2.18)$$

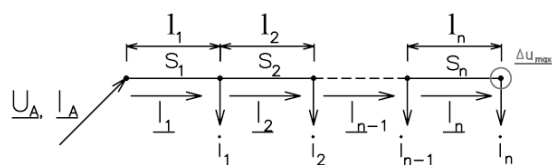
## 2.4. Sítě průběžné

Tento typ sítí je přehledný, ale vzhledem ke své konfiguraci musí být u vývodních vedení z napájecí rozvodny větší průřezy kabelů než na konci vedení. Užitím několika průřezů, podle zatížení vedení, se sníží investiční náklady na výstavbu, ale vzrostou investiční náklady zejména v oblasti jištění. Síť je znázorněna na obrázku 7. Počet kabelů je menší než u paprskové sítě, protože kabel



Obrázek 7 Průběžná síť

smyčkuje jednotlivá odběrná místa několika odběratelů. Spolehlivost dodávky je stejná jako u paprskové sítě. Výhodou je přehlednost rozvodu a snadné vyhledávání poruch. Tento rozvod má své uplatnění především u osvětlení komunikací, dlouhých vesnic nebo pro napájení rozsáhlejších průmyslových hal.



Obrázek 8 Vedení napájené z jedné strany

### Teoretický rozbor průběžné sítě

Průběžnou síť lze překreslit podle obrázku 7 jako vedení s několika odběry napájené z jedné strany.

Pro výpočty je zaveden proudový moment, který lze vypočítat pomocí superpoziční nebo adiční metody

$$\underline{M}_i = \sum_{i=1}^n l_i \cdot \underline{I}_i = [\underline{l}_1 \cdot l_1 + \underline{l}_2 \cdot (l_1 + l_2) + \dots + \underline{l}_n \cdot (l_1 + l_2 + \dots + l_n)] \text{ (A}\cdot\text{m)} \quad (2.19)$$

$$\underline{M}_i = \sum_{i=1}^n l_i \cdot \underline{I}_i = [l_1 \cdot (\underline{l}_1 + \underline{l}_2 + \dots + \underline{l}_n) + l_2 \cdot (\underline{l}_2 + \dots + \underline{l}_n) + \dots + l_n \cdot \underline{l}_n] \text{ (A}\cdot\text{m)} \quad (2.20)$$

Proudový moment je nutno vypočítat zvlášť pro činnou a jalovou složku proudu

$$M_{\dot{c}i} = \sum_{i=1}^n l_i \cdot I_{\dot{c}i} \text{ (A}\cdot\text{m)} \quad (2.21)$$

$$M_{ji} = \sum_{i=1}^n l_i \cdot I_{ji} \text{ (A}\cdot\text{m)} \quad (2.22)$$

Pro velikosti úbytku napětí lze psát

$$\Delta U_f = R \cdot I_{\dot{c}} + X \cdot I_j = \frac{\rho \cdot l}{S} \cdot I_{\dot{c}} + X_k \cdot l \cdot I_j \text{ (V)} \quad (2.23)$$

$$\Delta U_f = \frac{\rho}{S} \cdot M_{\dot{c}i} + X_k \cdot M_{ji} \Rightarrow \Delta U_s = \sqrt{3} \cdot \frac{\rho}{S} \cdot M_{\dot{c}i} + \sqrt{3} \cdot X_k \cdot M_{ji} \text{ (V)} \quad (2.24)$$

Udává-li výrobce velikost rezistence na 1 km délky:

$$\Delta U_f = R_k \cdot M_{\dot{c}i} + X_k \cdot M_{ji} \Rightarrow \Delta U_s = \sqrt{3} \cdot R_k \cdot M_{\dot{c}i} + \sqrt{3} \cdot X_k \cdot M_{ji} \text{ (V)} \quad (2.25)$$

Ztráty na vedení odpovídají následujícímu vztahu

$$\Delta P = 3 \cdot R \cdot I^2 = 3 \cdot \frac{\rho}{S} \cdot \sum_{i=1}^n \left[ l_i \cdot \left( \sqrt{I_{\dot{c}i}^2 + I_{ji}^2} \right)^2 \right] \text{ (W)} \quad (2.26)$$

### ***Dimenzování průřezu průběžné sítě***

Vzhledem k velké délce vedení hrozí překročení meze dovolené hodnoty úbytku napětí na konci vedení. Na základě hodnoty výpočtového proudu a účinníku jednotlivých odběrů lze stanovit průřez vedení některou z metod

#### **a) Metoda konstantního průřezu**

Nejčastěji používaná metoda, uvažuje se konstantní průřez pro celou délku vedení. Nevýhodou je, že pro celé vedení je vypočítán jeden průřez vodiče, který není proudově využit (zvlášť na konci). Hodnota průřezu se stanoví

$$S = \sqrt{3} \frac{\rho}{\Delta U_{Sdov}} \sum_{K=1}^N l_K \cdot I_K \cdot \cos \varphi_K \quad (\text{mm}^2) \quad (2.27)$$

Dovolená hodnota úbytku napětí je jednoznačně určena normami viz tabulka 2 a lze jej vypočítat podle vztahu

$$\Delta U = \frac{\rho}{S} \sum_{K=1}^N l_K \cdot I_K \cdot \cos \varphi_K \quad (\text{V}) \quad (2.28)$$

Činné výkonové ztráty při znalosti odebíraného výkonu lze stanovit podle vztahu

$$\Delta P = 3 \cdot R \cdot \frac{P^2}{3 \cdot U_S^2 \cdot \cos \varphi} = \rho \cdot \frac{l}{S} \cdot \frac{P^2}{U_S^2 \cdot \cos \varphi} \quad (\text{W}) \quad (2.29)$$

b) Metoda konstantní proudové hustoty

Výhodou této metody je, že jednotlivé úseky jsou optimálně proudově zatíženy. Technické řešení metody je ovšem značně nákladné, neboť každá změna průřezu vyžaduje změnu jištění a tím i zvýšení investičních nákladů. V každém úseku vedení je předpokládána konstantní proudová hustota.

$$\sigma = \frac{\Delta U_{Sdov}}{\rho \cdot \sum_{K=1}^N l_K \cdot \cos \varphi_K} \quad (\text{A} \cdot \text{mm}^2) \quad (2.30)$$

Pak lze hodnotu průřezu dílčích úseků stanovit podle vztahu

$$S_K = \frac{I_K}{\sigma} \quad (\text{mm}^2) \quad (2.31)$$

Činné výkonové ztráty lze stanovit podle vztahu

$$\Delta P = \rho \cdot \sigma \cdot \sum_{K=1}^N l_K \cdot I_K \cdot \cos \varphi_K \quad (\text{W}) \quad (2.32)$$

c) Metoda minima hmotnosti vodivého materiálu

Tuto metodu lze použít tam, kde se vyžadují co nejnižší investiční náklady, které jsou následně vykoupeny nejvyššími výkonovými ztrátami z výše uvedených výpočtových metod. Uvažujeme vodiče ze stejného materiálu a otázka minima hmotnosti vodivého materiálu je tedy otázkou minima objemu. Pro úbytek napětí platí vztah [6]

$$\Delta U = \frac{\rho \cdot \sqrt{I_{N\check{C}}}}{S} \cdot \sum_{K=1}^n (l \cdot I_{\check{C}K}) \quad (\text{V}) \quad (2.33)$$

Separací poměru  $\frac{\sqrt{I_{\check{c}}}}{S}$  lze vypočítat průřez dílčích úseků vedení

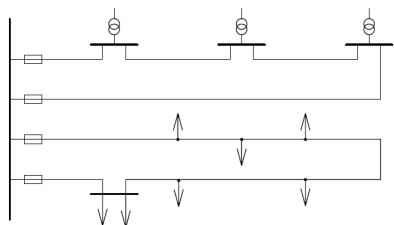
$$S_n = \sqrt{I_{N\check{c}}} \cdot \frac{\rho}{\Delta U_{fdov}} \cdot \sum_{K=1}^N (l_K \cdot \sqrt{I_{K\check{c}}}) \quad (\text{mm}^2) \quad (2.34)$$

U sítí, které tvoří paprsky, ze kterých vychází odbočky s dalšími odběry a síť není připojena na konci odbočky k dalšímu napájecímu bodu, je postup řešení stejný. Pouze je nutno stanovit proudové momenty v jednotlivých větvích vedení. Část vedení, u které bude proudový moment největší, se nazve hlavním vedením a příslušné odbočky s odběry se nahradí jedním odběrem vůči hlavnímu vedení. Odběr je dán součtem jednotlivých odběrů odbočné větve. Odbočky se mohou dimenzovat stejným průřezem, ale většinou se dimenzují zvlášť. Vypočte se skutečná hodnota úbytku napětí v místě odbočení  $\Delta u_K$  (V). Pro danou odbočku se pak vypočte hodnota dovoleného úbytku napětí podle vztahu

$$\Delta u_{Odb.dov} = \Delta u_{dov} - \Delta u_k \quad (\text{V}) \quad (2.35)$$

Z této hodnoty dovoleného úbytku napětí se dimenzuje průřez odbočky z hlavního neboli kmenového vedení.

## 2.5. Sítě okružní



**Obrázek 9** Okružní síť

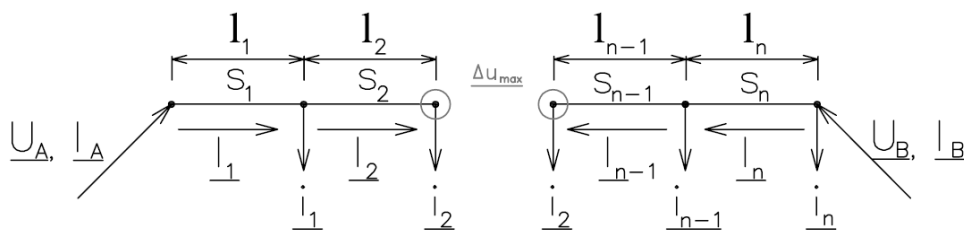
Konfigurace sítě je znázorněna na obrázku 9. Výhodou těchto sítí je, že každé odběrné místo je napájeno ze dvou stran, čímž se zvyšuje zajištěnost odběratele. Okružní síť je často provozována jako paprsková v důsledku rozpojení sítě ve vhodném místě. V případě poruchy některého vodiče lze vymezit místo poruchy vhodnou manipulací v rozpojovacích skříních. Tím budou zajištěni všichni odběratelé a poruchu je možné bez delšího omezení dodávky odstranit.

Tento typ sítí je prakticky používán ve všech distribučních napěťových hladinách. Sítě okružní jsou dražší než paprskové pro větší délku vedení. Vyšší náklady jsou kompenzovány minimálními náklady za nedodanou energii. Své uplatnění mají v městském a ve středně velkém průmyslovém rozvodu.

### ***Teoretický rozbor a dimenzování průřezu okružní sítě***

Při dimenzování vodičů se nejčastěji užívá metoda konstantního průřezu. Výpočet se provádí pomocí vedení napájeného ze dvou stran. Vhodná je i kontrola z hlediska proudového zatížení a rovněž na úbytek napětí na konci paprsku při poruše. Je vhodné uvažovat nejhorší možný případ, že porucha nastala hned za napáječem a celé vedení je napájeno z jedné strany. Situace je patrna z obrázku 10.

Okružní síť si lze z teoretického hlediska představit jako síť napájenou ze dvou stran podle obrázku



**Obrázek 10** Vedení napájené ze dvou stran

Jestliže vedení je napájeno napáječi se stejnými napětími, je nutno nejdříve vypočítat proud napáječe pomocí proudových momentů a II. Kirchhoffova zákona podle vztahu

$$\Delta U_{AB} = Z_k \cdot \sum_{i=1}^n (l_i \cdot I_i) - Z_k \cdot L \cdot I_B = 0 \quad (2.36)$$

Za předpokladu použití metody konstantního průřezu a úvahy, že impedance vedení je závislá pouze na délce vedení, lze vztah 2.36 zjednodušit a pro proudy napáječů psát

$$I_A = \frac{\sum_{K=1}^n (l - l_K) \cdot I_K}{L_{AB}} \quad I_B = \frac{\sum_{K=1}^n (l - l_K) \cdot I_K}{L_{AB}} \quad (2.37)$$

Při znalosti napájecích proudů se vypočte rozložení jednotlivých proudů ve vedení a v místě, kde se stékají dva proudy, bude místo největšího úbytku napětí. V tomto místě se vedení rozdělí na dvě samostatná vedení napájená z jedné strany a postup je analogický s postupem řešení vedení napájené z jedné strany (paprskové sítě).

Jestliže napětí obou napáječů nejsou stejná, prochází vedením tzv. vyrovnávací proud  $I_V$ , který se na straně vyššího napětí přičte k napájecímu proudu a na straně nižšího napětí se odečte od proudu napáječe. Vyrovnávací proud je dán vztahem

$$I_V = \frac{U_A - U_B}{R_K \cdot L} \quad (2.38)$$

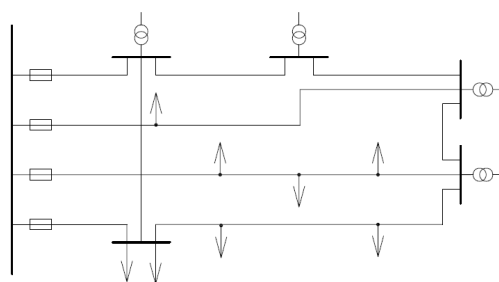
Další postup je analogický s výpočtem napáječů, které mají stejná napětí.

Pro minimum ztrát ve vedení je nutné při konstantním průřezu vedení zachovat poměr  $R/X$  konstantní pro celou délku vedení. Pak lze minimum činných ztrát, při znalosti odebíraných činných výkonů  $P_K$  a rezistencí jednotlivých úseků  $R_K$  vyjádřit vztahem

$$P_{A \min} = \frac{\sum_{K=1}^N P_K \cdot R_K}{R} \quad (2.39)$$

## 2.6. Sítě hřebenové

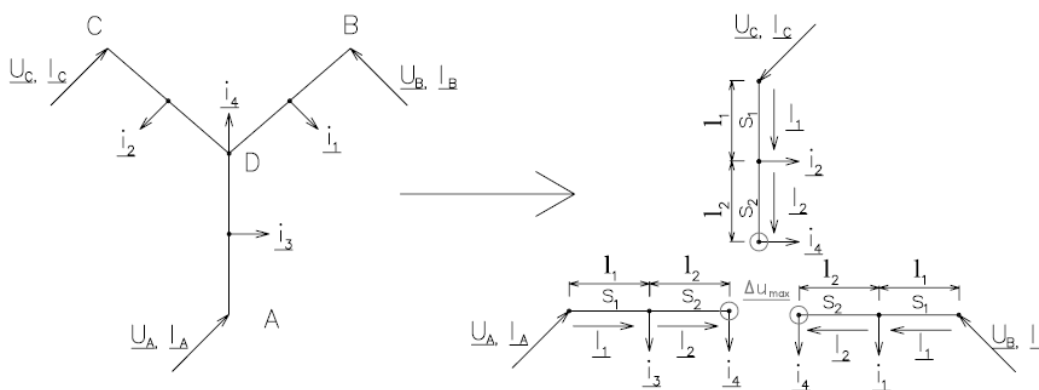
Tento typ rozvodu vychází z okružní sítě a vznikl vzájemným propojením jednotlivých rozvodných uzlů sítě. Tím je dosaženo vyšší spolehlivosti dodávky elektrické energie. Často jsou tímto způsobem napájené velké průmyslové závody, kde by výpadek elektrické energie způsobil velké majetkové škody, případně nepřímo ohrožoval lidské životy.



Obrázek 11 Hřebenová síť

### *Teoretický rozbor hřebenové sítě a dimenzování průřezu hřebenové sítě*

Bude-li se uvažovat distribuční síť napájená z jednoho bodu (napáječe), je splněna podmínka rovnosti napětí napáječů  $U_A = U_B = U_C$ . Napáječ lze pomyslně rozdělit na  $n$  napáječů podle počtu vývodů hřebenové sítě. Poté lze síť překreslit jako vedení napájené obecně z  $n$  stran následovně (pro princip výpočtu dostačuje vedení napájené ze tří stran).



Obrázek 12 Vedení napájené ze tří stran

Platí rovnost proudových momentů k bodu D od jednotlivých napáječů a současně součet proudů dodávaných jednotlivými napáječi je roven součtu odebíraných proudů

$$\underline{I}_A \cdot L_{AD} - \sum_D \underline{i}_{AX} \cdot l_{XD} = \underline{I}_B \cdot L_{BD} - \sum_D \underline{i}_{BX} \cdot l_{XD} = \underline{I}_C \cdot L_{CD} - \sum_D \underline{i}_{CX} \cdot l_{XD} \quad (2.40)$$

$$\underline{I}_A + \underline{I}_B + \underline{I}_C = \sum_{K=1}^N \underline{i}_K \quad (2.41)$$

Pro dimenzování průřezu se provede redukce proudů do uzlů. Redukovaný proud v uzlu je dán součtem redukovaných proudů jednotlivých větví a případného odběru uzlu

$$\underline{I}_{XY} = \frac{1}{L_{XY}} \cdot \sum_{K=1}^N (l_K \cdot \underline{I}_K) \quad (2.42)$$

$$\underline{I}_{rD} = \underline{i}_D + \underline{I}_{DA} + \underline{I}_{DB} + \underline{I}_{DC} \quad (2.43)$$

Proud  $I_D$  se rozdělí v poměru délek jednotlivých větví vedení, pak vznikne soustava rovnic

$$\begin{aligned} \underline{I_{rA}}' + \underline{I_{rB}}' + \underline{I_{rC}}' &= \underline{I_D} \\ \underline{I_{rA}}' : \underline{I_{rB}}' : \underline{I_{rC}}' &= \frac{1}{L_{AD}} : \frac{1}{L_{BD}} : \frac{1}{L_{CD}} \end{aligned} \quad (2.44)$$

jejíž výsledkem jsou rozložené proudy odběru uzlu D do jednotlivých napáječů. Tyto proudy se přičtou k proudům napáječů a určí se rozložení proudů v jednotlivých větvích. Místo, kde se stékají dva proudy je místo s největším úbytkem napětí, vedení se rozdělí na dvě samostatná vedení napájená z jedné strany. Výpočet je popsán v kapitole 2.3.

V případě, že každý napáječ má jiné napětí, bude vedením procházet vyrovnávací proud. Výpočet se provádí shodně s předcházejícím odstavcem. Podle 1. Kirchhoffova zákona platí pro vyrovnávací proudy

$$\underline{I_{VA}} + \underline{I_{VB}} + \underline{I_{VC}} = 0 \quad (2.45)$$

$$\frac{\underline{U_A} - \underline{U_D}}{R_{AD}} + \frac{\underline{U_B} - \underline{U_D}}{R_{BD}} + \frac{\underline{U_C} - \underline{U_D}}{R_{CD}} = 0 \quad (2.46)$$

Při výpočtu napětí v uzlu D je předpokládán konstantní průřez pro celé vedení, pak ohmický odpor vedení je přímo úměrný délce vedení a pro napětí v uzlu D lze psát

$$\underline{U_D} = \frac{\frac{\underline{U_A}}{L_A} + \frac{\underline{U_B}}{L_B} + \frac{\underline{U_C}}{L_C}}{\left( \frac{1}{L_A} + \frac{1}{L_B} + \frac{1}{L_C} \right)} \quad (\text{V}) \quad (2.47)$$

Na základě určení vyrovnávacích proudů ze vztahu 2.43 se určí nové napájecí proudy jednotlivých napáječů podle vztahu

$$\underline{I_X} = \underline{I_{NX}} - \underline{I_{VX}} \quad (2.48)$$

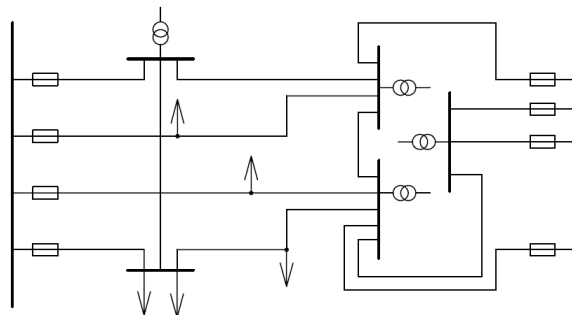
Dále se určí proudy podle výše určeného.

Je-li bod D napájecím bodem, vedení se rozdělí obecně na n vedení napájených ze dvou stran a postup výpočtu je shodný s výpočtem vedení napájeného ze dvou stran.



## 2.7. Mřížové sítě

Zvyšující se zatížení předchozích druhů rozvodů vedlo k výstavbě nových napájecích uzlů a ke vzniku zauzlených sítí. Jedná se o nejspolehlivější rozvod elektrické energie. Podružné rozvaděče jsou navzájem propojeny mezi sebou a s hlavními rozvaděči tak, aby byla zajištěna dodávka ze dvou a více stran. Mezi negativa patří vznik větších zkratových proudů, nepřehlednost, nebezpečí zpětného napětí, které se objevuje při rozpojení mřížové sítě pojistkami, nákladnější údržba a častější opravy. Využití nachází v hustě osídlených oblastech a rozsáhlých průmyslových závodech.



Obrázek 13 Mřížová síť

### *Teoretický rozbor a dimenzování průřezu mřížové sítě*

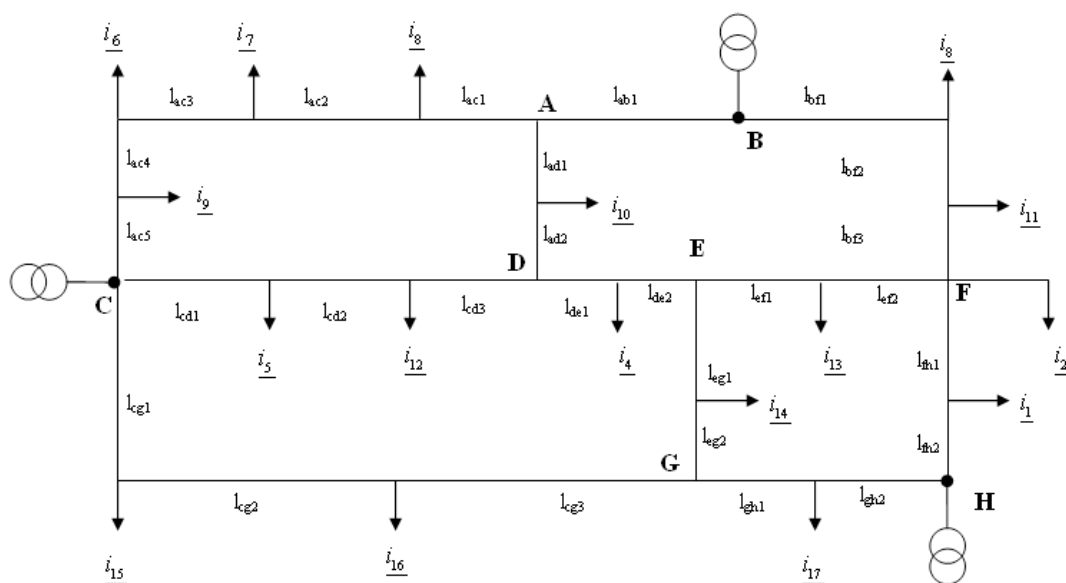
Pro teoretický rozbor výpočtu ustáleného chodu sítě respektive dimenzování průřezu a potřebného výkonu transformátorů si lze mřížovou síť překreslit podle následujícího schématu.

Při výpočtu uzlových sítí bývá zadáno

- konfigurace sítě včetně délek, materiálu a průřezu vodičů,
- odběry v jednotlivých bodech.

Výpočtem se stanoví

- zatížení jednotlivých napáječů (proudové nebo výkonové),
- zatížení jednotlivých větví,
- napětí (úbytky napětí) v jednotlivých uzlech,
- místo (nebo místa) maximálního úbytku napětí,
- výkonové ztráty,
- většinou se řeší i tzv. havarijný stav po výpadku jednoho či více napáječů.



Obrázek 14 Uzlová síť se třemi napáječi

Řešení vychází z metody uzlových napětí. Postup je následující

1. Proveďte se redukce proudů a admitancí do uzlů<sup>2</sup>

$$\underline{I}_X = \frac{\sum_{K=1}^n (l - l_K) \cdot \underline{i}_K}{L_{XY}}, \quad \underline{Y}_{xy} = \frac{1}{\rho \cdot \frac{L_{xy}}{S_{xy}} + X_k \cdot \frac{L_{xy}}{1000}} \quad (2.49)$$

2. Redukované proudy v příslušných uzlech se sečtou, rovněž admitance.
3. Sestaví se uzlová admitanční matice na základě uzlových rovnic, které se sestaví na základě vztahů pro úbytek napětí a předpokladu, že v napájecím uzlu je jmenovité napětí sítě, pak lze psát

$$\begin{aligned} \underline{I}_{a1} &= \underline{Y}_a \cdot \underline{\Delta U}_a - \underline{Y}_{ad} \cdot \underline{\Delta U}_d \\ \underline{I}_{d1} &= \underline{Y}_d \cdot \underline{\Delta U}_d - \underline{Y}_{ad} \cdot \underline{\Delta U}_a - \underline{Y}_{de} \cdot \underline{\Delta U}_e \\ \underline{I}_{e1} &= \underline{Y}_e \cdot \underline{\Delta U}_e - \underline{Y}_{de} \cdot \underline{\Delta U}_d - \underline{Y}_{ef} \cdot \underline{\Delta U}_f - \underline{Y}_{eg} \cdot \underline{\Delta U}_g \\ \underline{I}_{f1} &= \underline{Y}_f \cdot \underline{\Delta U}_f - \underline{Y}_{ef} \cdot \underline{\Delta U}_e \\ \underline{I}_{g1} &= \underline{Y}_g \cdot \underline{\Delta U}_g - \underline{Y}_{eg} \cdot \underline{\Delta U}_e \end{aligned} \quad (2.50)$$

Na základě této soustavy rovnic lze sestavit uzlovou admitanční matici

$$[\underline{Y}] \cdot [\underline{\Delta U}] = [\underline{I}] \Rightarrow \begin{vmatrix} Y_a & -Y_{ad} & 0 & 0 & 0 \\ -Y_{ad} & Y_d & -Y_{de} & 0 & 0 \\ 0 & -Y_{de} & Y_e & -Y_{ef} & -Y_{eg} \\ 0 & 0 & -Y_{ef} & Y_f & 0 \\ 0 & 0 & -Y_{eg} & 0 & Y_g \end{vmatrix} \cdot \begin{vmatrix} \underline{\Delta U}_a \\ \underline{\Delta U}_d \\ \underline{\Delta U}_e \\ \underline{\Delta U}_g \\ \underline{\Delta U}_f \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} \underline{I}_{a1} \\ \underline{I}_{d1} \\ \underline{I}_{e1} \\ \underline{I}_{f1} \\ \underline{I}_{g1} \end{vmatrix} \quad (2.51)$$

4. Řešením jsou pak hodnoty úbytků napětí v nenapájecích uzlech. Dále se stanoví rozdělení proudů v jednotlivých větvích, které jsou dány součtem vyrovnávacích proudů

$$\underline{I}_{XY2} = \underline{\Delta U}_X \cdot \underline{Y}_{XY} \quad (2.52)$$

A výsledný proud ve větvi je dán součtem redukovaného proudu do uzlu a vyrovnávacího proudu.

$$\underline{I} = \underline{I}_{XY2} + \underline{I}_X \quad (2.53)$$

5. Dále je postup analogický s předchozími sítěmi (vedení napájené ze dvou stran).

<sup>2</sup> Symboly X,Y označují obecně dva body mřížové sítě spojené vedením o délce  $L_{XY}$

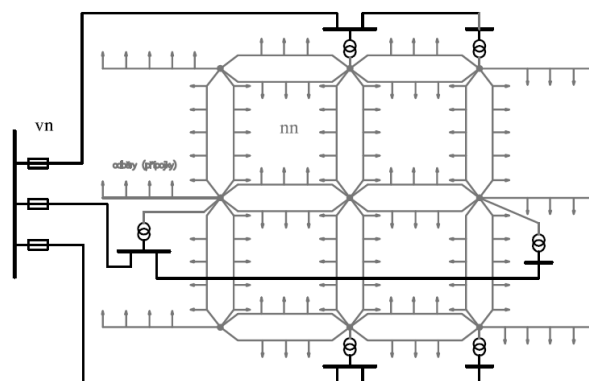
Zde bylo uvažováno s přirozeným rozdělením výkonů, to znamená, že každý napáječ měl možnost dodat do sítě potřebný výkon. V případě, že by zdroj (napáječ) nemá dostatečný výkon (byl by proudově omezen), musely by dodat do sítě tento výkon ostatní zdroje. Pak dochází k tzv. umělému rozdělení výkonů, které je charakterizováno zvýšením elektrických ztrát. [7].

Pro výpočet ustáleného chodu složité soustavy nebo sítě lze použít iteračních metod např. Newton - Raphsonovy iterační metody. Tyto metody jsou blíže popsány v [7].

## 2.8. Městské sítě

Městské sítě jsou specifickou mřížovou sítí jsou zásadně distribučního charakteru. V drtivé většině případů jsou provedeny jako kabelové. Pro dimenzování sítě se vychází z následujících předpokladů

- mřížová síť je pravidelná čtvercová,
- měrná hustota zatížení je konstantní na celé uvažované ploše,
- použité transformátory mají stejné výkony a jsou umístěny v uzlech sítě.
- pro celou síť je použit jeden typ kabelu.



Obrázek 15 Příklad městské sítě vn/nn

Pro optimalizaci návrhu městské sítě je nutno vyřešit

- návrh sítě vn.
- určení transformačního výkonu vn/nn a určení počtu transformátorů.
- návrh sítě nn (volba průřezu).

### Dimenzování městské sítě

Pro stanovení průřezu se vychází ze zkušeností a v důsledku přísnějších požadavků u nás i v cizině, se obvykle uvažuje maximální úbytek napětí 2 – 5 % na konci distribučního vedení. Podle [8] se stanoví průřez vodiče jako

$$S = \frac{1}{2} \frac{z \cdot l^2}{\Delta u \cdot U \cdot \rho} \cdot (1 + \operatorname{tg} \alpha \cdot \operatorname{tg} \varphi) \quad (\text{mm}^2) \quad (2.54)$$

kde  $z$  je definováno jako zatížení na 1 m délky

$$z = \frac{\sigma_m \cdot a}{4 \cdot f_i} 10^{-3} \quad (\text{W} \cdot \text{m}^{-1}) \quad (2.55)$$

Pro dovolené proudové zatížení lze průřez rovněž stanovit jako

$$I_m = \frac{\sigma \cdot a \cdot l_m \cdot z_p}{4 \cdot f \cdot \sqrt{3} \cdot U \cdot \cos \varphi} \quad (\text{A}) \quad (2.56)$$

Pak lze s využitím aproximační rovnice a konstanty  $q$  pro jednotlivé typy kabelů stanovit průřez

$$S = q \cdot \sqrt{I_m^3} \quad (\text{mm}^2) \quad (2.57)$$

U primární sítě vn se určuje pro danou aglomeraci počet trafostanic, který je závislý na vzdálenosti ulic  $a$  a počtu ok mřížové sítě  $m_T$

$$t = a \cdot \sqrt{1,8 \cdot m_T} \quad (2.58)$$

### ***Výhody a nevýhody městských sítí***

Optimální návrh je značně ovlivněn odhadem budoucího zatížení. Důležitý je návrh průřezu kabelových vedení, které vydrží v zemi až 40 let a je neekonomické je dříve vyměňovat. Proto se dynamika sítí řeší přidáním nových transformačních stanic, čímž se zkrátí vzdálenost vedení mezi stanicemi, a tím se sníží jejich zatížení a úbytky napětí na nich. Výpočet je podrobně popsán v [8] a je obdobný s mřížovou sítí.

#### Výhody mřížových sítí

- větší stabilita napětí, menší úbytky napětí
- lze připojovat motory nakrátko i velké výkony až do poloviny výkonu transformátoru
- lepší využití transformátorů a vedení
- ušetří se asi 30 % výkonu transformátorů
- ztráty jsou asi o 30 % menší
- velká spolehlivost dodávky elektrické energie
- poruchy napáječů vn se nepřenášejí do sítě nn
- poruchy sítě nn se obvykle omezí na úseky 150 – 200 m
- větší zkratové proudy v síti nn

#### Nevýhody mřížových sítí

- síť je při provozu méně přehledná, než paprsková síť
- při rozpojení mřížové sítě nn pojistkami se objevuje na kontaktech zpětné napětí

### **2.9. Sítě vvn a zvn**

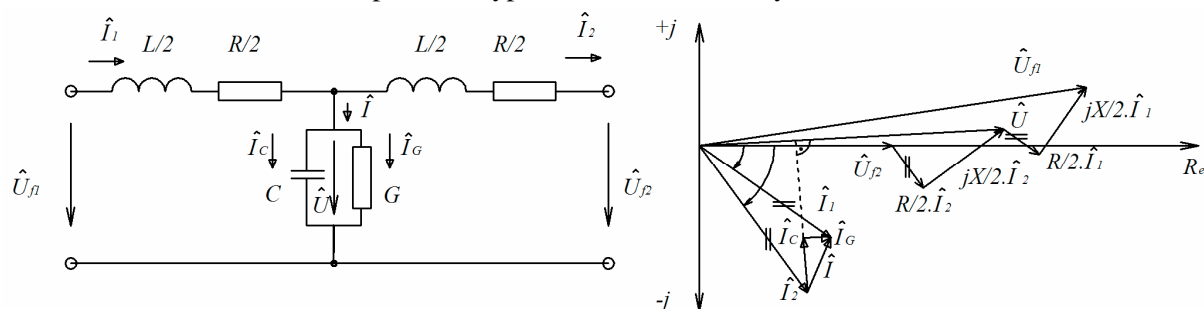
U těchto typů sítí je nutno respektovat všechny parametry vedení, kterými jsou činný odpor  $R_K$  ( $\Omega \cdot \text{km}^{-1}$ ), indukčnost  $L_K$  ( $\text{H} \cdot \text{km}^{-1}$ ), kapacita  $C_K$  ( $\text{F} \cdot \text{km}^{-1}$ ) a svod  $G_K$  ( $\text{S} \cdot \text{km}^{-1}$ ). Pro řešení je většinou zadáno

- napětí na konci vedení  $U_2$  (V),
- odebíraný výkon  $P_2$  (kW),
- účinník na konci vedení  $\cos \varphi_2$  (-),
- předpokládanou délku vedení  $l$  (km) a
- předpokládáme konstantní proudovou hustotu  $\sigma$  ( $\text{A}/\text{mm}^2$ ).

## Teoretický rozbor a dimenzování vedení vvn a zvn

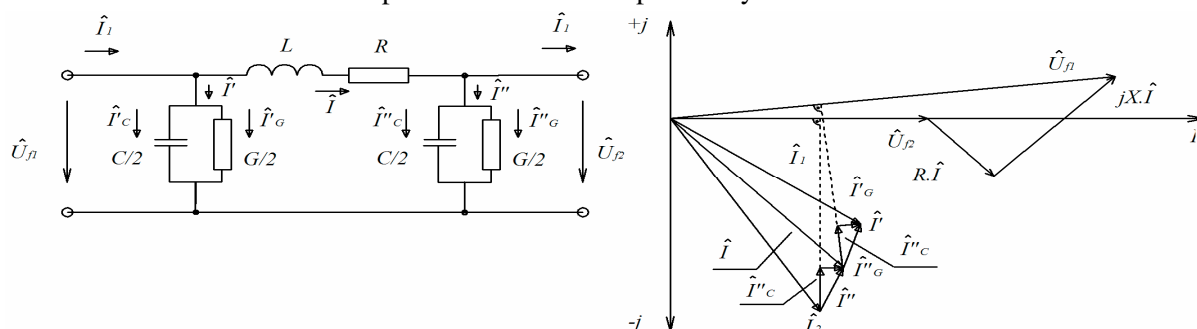
Tyto sítě lze obecně řešit pomocí

- **T-článek** – dostatečná přesnost výpočtu u vedení do délky 300 km



Obrázek 16 T-článek

- **Π-článek** – tato metoda se používá do délky vedení až 500 km, pro delší sítě je nutno uvažovat prostorově rozložené parametry vedení.



Obrázek 17 Π-článek

S využitím teorie čtyřpólů pro řešení dlouhých vedení, kdy vedení představuje pasivní, lineární, souměrný čtyřpól, lze tento čtyřpól popsat pomocí základních rovnic

$$\underline{U}_{1f} = \underline{A} \cdot \underline{U}_{2f} + \underline{B} \cdot \underline{I}_2 \quad (\text{V})$$

$$\underline{I}_1 = \underline{C} \cdot \underline{U}_{2f} + \underline{D} \cdot \underline{I}_2 \quad (\text{A}) \quad (2.59)$$

kde  $\underline{A}$ ,  $\underline{B}$ ,  $\underline{C}$ ,  $\underline{D}$  jsou tzv. Blondelovy konstanty, které pro náhradní články určuje následující tabulka

Tabulka 3 Blondelovy konstanty pro T a Π článek

Článek	Blondelovy konstanty		
	$\underline{A} = \underline{D} \quad (-)$	$\underline{B} \quad (\Omega)$	$\underline{C} \quad (\text{S})$
T	$1 + \frac{\underline{Z}_k \cdot \underline{Y}_k \cdot l^2}{2}$	$\underline{Z}_k \cdot l \cdot \left( 1 + \frac{\underline{Z}_k \cdot \underline{Y}_k \cdot l^2}{4} \right)$	$\underline{Y}_k \cdot l$
Π	$1 + \frac{\underline{Z}_k \cdot \underline{Y}_k \cdot l^2}{2}$	$\underline{Z}_k \cdot l$	$\underline{Y}_k \cdot l \cdot \left( 1 + \frac{\underline{Z}_k \cdot \underline{Y}_k \cdot l^2}{4} \right)$

Vedení, které nemá stejné parametry po celé délce vedení, je nutno řešit pomocí kaskádního a paralelního spojování kratších úseků nebo jako vedení s prostorově rozloženými parametry.

Na volbu průřezu má vliv druh stožáru a případný počet vodičů ve svazku. Velikost maximálního proudu na konci vedení se vypočítá z výkonového zatížení.

$$P_2 = \sqrt{3} \cdot U_2 \cdot I_2 \cdot \cos \varphi_2 \Rightarrow I_2 = \frac{P_2}{\sqrt{3} \cdot U_2 \cdot \cos \varphi_2} \quad (2.60)$$

Z dovolené proudové hustoty a proudového zatížení se určí minimální průřez jedné fáze.

$$\sigma = \frac{I_2}{S} \Rightarrow S = \frac{I_2}{\sigma} \quad (2.61)$$

Minimální průřez jedné fáze v případě dvojitého provedení

$$S_{1f} = \frac{S}{2} \quad (2.62)$$

kde  $S_{1f}$  je průřez jednoho vodiče u dvojitého vedení<sup>3</sup>

Dimenzování vedení z hlediska mechanických parametrů je určeno normami ČSN, podnikovými normami a standarty společnosti, která bude vedení provozovat.

### 3. Legislativní rámec

Na kvalitu elektrické energie lze nahlížet z několika hledisek. Důležitým a nezanedbatelným hlediskem jsou parametry dodávané elektrické energie, kterými mohou být velikost napětí, poklesy napětí, kvalita sinusovky, obsah vyšších harmonických atp. Tyto parametry a potlačení jejich příčin jsou předmětem technických norem<sup>4</sup> a částečně kodexy provozovatelů PS a DS soustav.

Kvalita dodávek a služeb souvisejících s regulovanými činnostmi v elektroenergetice a její parametry jsou vyjádřeny prostřednictvím standardů přenosu nebo distribuce elektřiny, standardů dodávek a ukazateli nepřetržitosti přenosu nebo distribuce elektrické energie. Za nedodržení standardů dodávek elektrické energie vznikají podle vyhlášky 41/2010 Sb. sankce.

Spolehlivost dodávky zahrnuje dlouhodobá přerušení a výpadky v dodávkách el. energie, což jsou přerušení na dobu delší než 3 minuty, a lze je hodnotit různými globálními ukazateli, např. podle metodiky UNIPED pomocí

- počtu výpadků za rok,
- průměrné doby trvání jednoho výpadku,
- souhrnné doby přerušení napájení za rok.

<sup>3</sup> Typ vedení a jejich parametry se volí podle tabulek uvedených např. v [16]

<sup>4</sup> Kvalita napětí je řešena normou ČSN EN 50 160 ed.2

Podle výše uvedené vyhlášky se za počátek poruchy považuje doba, kdy provozovatel DS nebo PS zjistil nebo potencionálně mohl zjistit poruchový stav - výpadek. Pak podle § 5 odst. 5 Vyhl. 41/2010 Sb. může koncový zákazník v případě, že došlo k přerušení dodávky elektrické energie a výpadek byl delší než

- a) 18 hodin u distribuční soustavy do 1 kV
- b) 12 hodin u distribuční soustavy nad 1 kV,

požádat o finanční náhradu ve výši 10 % z jeho fakturační platby za elektrickou energii odvedenou v předcházejícím kalendářním roce a rezervovaný příkon, maximálně však

- a) 6000 Kč v sítích do 1 kV
- b) 12 000 Kč v sítích od 1 kV do 52 kV včetně
- c) 120 000 Kč v sítích nad 52 kV.

U výroben elektrické energie se za standart obnovení distribuce a přenosu vyráběné elektrické energie do DS a PS v této výrobě považuje 48 hodin.

### **3.1. Kategorie přerušení přenosu nebo distribuce elektřiny**

Termín „přerušení přenosu nebo distribuce el. energie“ je v této kapitole nahrazen termínem „přerušení dodávek el. energie. Podle přílohy č.5 vyhlášky 41/2010 Sb. se rozlišují tyto kategorie přerušení dodávky

A. Podle doby trvání se přerušení přenosu nebo distribuce el. energie dělí

- 1. dlouhodobé – s dobou trvání delší než 3 minuty
- 2. krátkodobé – s dobou trvání alespoň 1 sekunda a současně ne delší než 3 minuty

B. Podle příčiny se přerušení přenosu nebo distribuce el. energie dělí na

- 1. neplánované – přerušení dodávek el. energie, které není plánovaným přerušením. Neplánované přerušení dodávky el. energie se dále dělí na
  - a) poruchové – přerušení dodávky el. energie při vzniku a odstraňování poruchy na zařízení provozovatele přenosové soustavy podle § 24 odst. 3 písm. d) bodu 7 zákona 458/2009 Sb. nebo provozovatele distribuční soustavy podle § 25 odst. 4 písm. c) bodu 6 téhož zákona a přerušením dodávek el. energie způsobené chybným nebo bezdůvodným vypnutím zařízení PS nebo DS jejím provozovatelem.  
Poruchové přerušení dodávek el. energie se dále dělí na
    - způsobené poruchou mající původ v zařízení přenosové nebo distribuční soustavy provozovatele soustavy nebo jejím provozu
      - ✓ za obvyklých povětrnostních podmínek – přerušení dodávek el. energie způsobené poruchou, které není přerušením přenosu nebo distribuce el. energie způsobeným poruchou za nepříznivých povětrnostních podmínek.
      - ✓ za nepříznivých povětrnostních podmínek – přerušení dodávek el. energie způsobené vlivem nepříznivých povětrnostních podmínek, jestliže provozovatel PS nebo DS takovou skutečnost oznámí a prokáže úřadu do 10 pracovních dnů ode dne, ve kterém k přerušení dodávek el. energie došlo.
    - způsobené v důsledku zásahu nebo jednání třetí osoby

- b) vynucené – přerušení dodávek el. energie z důvodů podle § 24 odst. 3 písm. c) bodu 1 nebo § 25 odst. 4 písm. c) bodu 1 energetického zákona.
- c) mimořádné – přerušení přenosu nebo distribuce při stavech nouze nebo předcházení stavu nouze podle §24 odst. 3 písm. c) bodu 2 nebo § 25 odst. 4 písm. c) bodu 2 energetického zákona.
- d) v důsledku mimořádné události

2. plánované – přerušení dodávek el. energie podle §2 písm. c) vyhlášky 41/2010 Sb.

V příloze vyhlášky 41/2010 Sb. jsou definována číselná kódování pro účely vykazování kvality dodávek elektrické energie, které se následně zpracovávají do tabulek a odesílají za hodnocené období ERÚ.

### **3.2. Postupy a vykazování úrovně**

#### **3.2.1. Distribuční soustava**

Distribuční soustava (DS) je vzájemně propojený soubor vedení a zařízení 110 kV (s výjimkou vybraných vedení a zařízení 110 kV, která jsou součástí přenosové soustavy) a vedení a zařízení o napětí 0,4/0,23 kV, 3 kV, 6 kV, 10 kV, 22 kV a 35 kV, sloužící k zajištění distribuce el. energie na vymezených územích ČR, včetně systémů měřicích, ochranných, řídicích, zabezpečovacích, informačních a telekomunikačních techniky.<sup>5</sup> Největšími provozovateli DS v ČR jsou ČEZ Distribuce, a.s., E.ON, s.r.o. a Pražská energetika, a.s.

Hodnocení provozu těchto soustav stanovuje vyhláška č. 79/2010 Sb., ve které jsou uvedeny a vyhodnoceny jednotlivé ukazatele hodnocení. V přílohách I. až V. této vyhlášky jsou stanoveny přípravy provozu distribuční soustavy na jednotlivá časová období, včetně výpočtu chodu sítě.

Technický dispečink provozovatele distribuční soustavy zpracovává denní, týdenní, měsíční a roční hodnocení provozu distribuční soustavy, které obsahuje

- a) vyhodnocení skutečného průběhu zatížení,
- b) vyhodnocení bilancí toků energie a bilancí výkonů,
- c) přehled omezení spotřeby a výroby elektřiny,
- d) rozbor poruchových stavů v distribuční soustavě,
- e) rozbor poruchových stavů v přenosové soustavě a v připojených distribučních soustavách, které měly vliv na provoz jím řízené distribuční soustavy,
- f) vyhodnocení písemné stížnosti na vydaný dispečerský pokyn podle § 7 vyhlášky 79/2010 Sb. a
- g) vybrané provozně-technické statistické údaje distribuční soustavy.

Provozovatel distribuční soustavy vypočítává ukazatele nepřetržitosti distribuce el. energie z přerušení distribuce el. energie ukončených v hodnoceném období nebo v kalendářním roce, a to samostatně pro jednotlivé kategorie přerušení distribuce el. energie a pro jednotlivé napěťové hladiny a dále pro celou distribuční soustavu. Do 31. března následujícího kalendářního roku zpracuje provozovatel DS souhrnnou zprávu o dosažené úrovni kvality distribuce el. energie a souvisejících služeb, včetně porovnání s předcházejícím obdobím.<sup>6</sup> Za začátek přerušení distribuce nebo přenosu el.

<sup>5</sup> Pravidla provozování distribučních soustav z roku 2010

<sup>6</sup> Vyhláška č. 41/2010 Sb. Příloha č.7



energie pro výpočet se považuje okamžik, kdy se provozovatel DS nebo PS dozvěděl, či měl dozvědět nebo zjistit vznik přerušení dodávky el. energie.

Pro stanovení kvality dodávek elektrické energie lze užít globálních ukazatelů spolehlivosti ve třech základních přístupech jejich stanovení [2]

1. důsledky výpadku se vztahují na počet odběratelů postižených výpadkem,
2. důsledky výpadku se vztahují na nedodaný výkon (instalovaný nebo deklarovaný),
3. důsledky výpadku se vztahují na počet postižených stanic nebo transformátorů.

K vykazování nepřetržitosti distribuce el. energie se dle vyhlášky 41/2010 Sb. Přílohy č.5 využívá bodu č.1, tedy varianty omezení odběratelů. Výpočet se provádí podle níže uvedených vztahů. Tyto vztahy vycházejí ze vztahů užívaných v USA a Kanadě pro vyhodnocení kvality dodávek elektrické energie a jsou totožné s globálními ukazateli spolehlivosti dodávky elektrické energie. Kvalita dodávek el. energie je úzce spjata se spolehlivostními výpočty v elektroenergetice. Problematika je podrobněji popsána v [2]

#### 1. Hladinové ukazatele

- a) průměrný počet přerušení distribuce elektrické energie u zákazníků na napět'ové hladině  $h$  v hodnoceném období ( $SAIFI$ ) je adekvátní, za určitých podmínek, globálnímu ukazateli spolehlivosti - četnost výpadků  $\lambda_G$  (výpadek $\cdot$ rok $^{-1}$ ) na napět'ové hladině  $h$

$$SAIFI_h = \lambda_{Gh} = \frac{\sum_{j=1}^n \lambda_{jh} \cdot N_{jh}}{N_{sh}} = \frac{\sum_j n_{jh}}{N_{sh}}, \quad (3.1)$$

- b) průměrná souhrnná doba trvání přerušení distribuce elektřiny u zákazníků na napět'ové hladině  $h$  v hodnoceném období ( $SAIDI$ ) je adekvátní globálnímu ukazateli spolehlivosti – souhrnná doba trvání všech výpadků  $\tau_{GV}$  (min $\cdot$ výpadek) na napět'ové hladině  $h$

$$SAIDI_h = \tau_{GVh} = \frac{\sum_{j=1}^n \lambda_{jh} \cdot \tau_{jh} \cdot N_{sh}}{N_{sh}} = \frac{\sum_j t_{ji} \cdot n_{jhi}}{N_{sh}}, \quad (3.2)$$

- c) průměrná doba trvání jednoho přerušení distribuce elektřiny u zákazníků v hodnoceném období ( $CAIDI$ )

$$CAIDI_h = \tau_{Gh} = \frac{\sum_{j=1}^n \lambda_{jh} \cdot \tau_{jh} \cdot N_{sh}}{\sum_{j=1}^n \lambda_{jh} \cdot N_{jh}} = \frac{\sum_{j=1}^n n_{jh} \cdot t_{jh}}{\sum_{j=1}^n n_{jh}} = \frac{SAIDI_h}{SAIFI_h} \quad (3.3)$$

Nepřímo souvisejícím ukazatelem spolehlivosti kvality dodávky elektrické energie je ukazatel *ASAI*, který vyjadřuje pravděpodobnost bezporuchového chodu elektrické sítě.

$$ASAI_h = 1 - \frac{\sum_{j=1}^n \lambda_{jh} \cdot \tau_{jh} \cdot N_{Sh}}{\sum_{j=1}^n 8760 \cdot N_{Sh}} \quad (3.4)$$

## 2. Systémové ukazatele

Jsou ukazatele kvality dodávek elektrické energie, které jsou určovány souhrnně pro všechny napěťové hladiny provozovatele DS.

- a) průměrný počet přerušení distribuce elektrické energie u zákazníků v hodnoceném období

$$SAIFI_S = \frac{\sum_{h=\{nn;vn;vvn\}} \sum_j n_{jh}}{N_S} \quad (3.5)$$

- b) Průměrná souhrnná doba trvání přerušení distribuce el. energie u zákazníků v hodnoceném období

$$SAIDI_S = \frac{\sum_{h=\{nn;vn;vvn\}} \sum_j t_{sj}}{N_S} \quad (3.6)$$

- c) Průměrná doba trvání jednoho přerušení distribuce el. energie u zákazníků v hodnoceném období

$$CAIDI_S = \frac{SAIDI_S}{SAIFI_S} \quad (3.7)$$

### 3.2.2. *Přenosová soustava*

Přenosová soustava (PS) je definována jako vzájemně propojený soubor vedení a zařízení 400 kV, 220 kV a vybraných vedení a zařízení 110 kV, sloužící pro zajištění přenosu el. energie pro celé území ČR a propojení s elektrizačními soustavami sousedních států. Výhradním provozovatelem přenosové soustavy České republiky, která je součástí propojené elektrizační soustavy ENTSO-E, a držitelem licence na přenos elektrické energie je společnost ČEPS, a.s. K zajištění bezpečného a ekonomického provozu PS slouží Kodex PS a provozní instrukce Dispečinku ČEPS.

Toky elektrické energie v PS jsou závislé na fyzikálních zákonech, konstrukci a konfiguraci ostatních propojených přenosových soustav. Podmínky v takto složitém technologickém komplexu se velmi rychle mění v závislosti na působení ovlivnitelných a neovlivnitelných faktorů. Nejhorším případem, který může nastat je kolaps ES, tzv. black out, kdy se soustava rozpadá na vydělené

ostrov. Je snahou tomuto zabránit všemi dostupnými prostředky. Jedním z těchto prostředků je vyhlášení stavu nouze, který je popsán v kapitole 3.3.

Technický dispečink provozovatele přenosové soustavy zpracovává denní, týdenní, měsíční a roční hodnocení provozu přenosové soustavy, které obsahuje

- a) vyhodnocení skutečného průběhu zatížení elektrizační soustavy,
- b) vyhodnocení skutečné provozní připravenosti výroben,
- c) bilance výkonu a energie přenosové soustavy a bilance výkonu České republiky,
- d) vyhodnocení systémových a podpůrných služeb,
- e) vyhodnocení regulační energie,
- f) přehled omezení spotřeby a výroby elektřiny,
- g) rozbor poruchových stavů v přenosové soustavě a poruchových stavů v distribučních soustavách, které měly vliv na provoz přenosové soustavy,
- h) vyhodnocení písemných stížností na vydaný operativní pokyn a
- i) provozně-technické statistiky za elektrizační soustavu.

Pro výpočet ukazatelů nepřetržitosti přenosu elektrické energie se užívají následující vztahy

- Průměrná doba trvání jednoho přerušení přenosu elektrické energie v roce

$$t_{ph} = \frac{\sum_{i=1}^n t_i}{n} \quad (3.8)$$

kde  $i$  je pořadové číslo přerušení přenosu el. energie v hodnoceném roce  
 $n$  je roční počet přerušení přenosu elektřiny  
 $t_i$  je doba trvání i-tého přerušení přenosu elektřiny

- Nedodaná elektrická energie v roce<sup>7</sup>

$$W_{ned,i} = \sum_{i=1}^n t_i \cdot P_{ned,i} \quad (3.9)$$

$P_{ned,i}$  je výkon dopravovaný účastníku trhu do předávacího místa z přenosové soustavy, ve kterém došlo k i-tému přerušení přenosu el. energie, těsně před tímto přerušením

---

<sup>7</sup> Ocenění nedodané energie je uvedeno v kapitole 15

### 3.3. Stav nouze

Stav nouze je v ES podle Kodexu přenosové soustavy definován jako omezení nebo přerušení dodávek elektřiny na celém území České republiky nebo její části za podmínek stanovených v §54 odst. 1) Energetického zákona (např. v případech živelné události nebo havárie na zařízeních pro výrobu, přenos a distribuci elektřiny). Zákon č.458/2000 Sb. § 54 definuje předcházení stavu nouze jako soubor opatření a činností prováděných v situaci, kdy existuje reálné riziko vzniku stavu nouze a uvádí v důsledku kterých událostí a jakým způsobem může ČEPS stav nouze vyhlásit, likvidovat a následně odvolat.

Vznikne-li stav nouze řídí veškerá omezení odebíraného výkonu technický dispečink přenosové a distribuční soustavy. Omezení spotřeby a změna dodávky elektrické energie při stavu nouze se podle vyhlášky č. 80/2010 Sb. Postupy v případě hrozícího nebo stávajícího stavu nouze v elektroenergetice provádí

- a) automaticky podle frekvenčního plánu,
- b) úplným odpojením postižené nebo ohrožené části elektrizační soustavy podle vypínacího plánu,
- c) snížením hodnoty odebíraného výkonu podle regulačního plánu v rozsahu regulačních stupňů<sup>8</sup> č. 1 až č. 7,
- d) operativním vypnutím částí zařízení v rozsahu nezbytném pro vyrovnaní výkonové bilance dotčené části elektrizační soustavy,
- e) použitím volných výrobních kapacit,
- f) změnou hodnoty dodávaného výkonu výrobcí elektrické energie podle pokynů technického dispečinku provozovatele elektrizační soustavy.

Omezení regulačního plánu se nevztahují na zařízení, která slouží pro výrobu elektrické energie (i pro vlastní spotřebu). Regulační stupně jsou uvedeny v tabulce 1 v přílohové části DP<sup>9</sup>.

Za ukončení přerušení dodávek se považuje okamžik, kdy elektrizační soustava je schopna dodávat do smlouveného předávacího místa elektrickou energii v plném množství a normalizované kvalitě. Připojení spotřebitele na náhradní napájení, včetně omezení dodávek el. energie, které musí být zaneseno ve smlouvě o distribuci elektrické energie, je také považováno za ukončení přerušení dodávky elektrické energie.

Každý provozovatel distribuční soustavy musí mít zpracován havarijný plán, kterým se stanovuje postup a velikost vypínaného výkonu. Při kolizi v ES, čímž dochází k omezování odebíraného výkonu, mezi sebou komunikují technický dispečink přenosové a distribuční soustavy s cílem dosáhnout dohody o dalším postupu a o možném řešení na základě regulačního plánu. Jednou ze součástí regulačního plánu je vysílání signálu HDO, který je zpracován dispečinkem DS a kterým lze dálkově ovládat velikost aktuálního odebíraného výkonu. Provozovatelé distribučních soustav předkládají každoročně do 30. září provozovateli PS aktualizované hodnoty výkonu pro jednotlivé regulační stupně, dále pak stupně vypínacího plánu a frekvenčního plánu.

---

<sup>8</sup> Zařazení odběratelů elektrické energie je prováděno podle Vyhlášky 80/2010 Sb. §3 odst. 2 a Přílohy č.1

<sup>9</sup> Přílohová část je především z důvodu rozsáhlosti schémat uvedena v elektronické podobě na mediálním nosiči, který je součástí DP.

## 4. Návrh na zálohování vybraných uzlů sítě

Na základě schémat sítí vvn 110 kV a jejich uspořádání, včetně umístění elektrických stanic, kde dochází k transformaci z přenosové na distribuční úroveň, byly pro ostravskou aglomeraci vytipovány tyto uzly ES 110 kV / vn

- rozvodna Černá Louka 110/22 kV
- rozvodna Kunčice 110/22 kV
- rozvodna Martinov 110/10 kV
- rozvodna Ostrava Rudná 110/22/10 kV
- rozvodna Paskov 110/22/10 kV
- rozvodna Teplárna Ostrava 110/22 kV
- rozvodna Třebovice 110/22 kV
- rozvodna Výškovice 110/10 kV

### 4.1. Sítě vvn 110 kV

Rozvodny, které tvoří napájecí body pro síť 110 kV v ostravské aglomeraci, jsou

- Horní Životice 400/110 kV, transformátor T402
- Lískovec 220/110/22 kV, transformátor T401
- Nošovice 400/110/22 kV, transformátor T401
- Albrechtice 400/110/22 kV, transformátor T401

Přehled instalovaných transformátorů 400/110 kV nebo 220/110 kV v rozvodnách včetně hodnot činných a jalových výkonů, které byly odebrány ze sekundárních stran transformátorů v rozhodném časovém okamžiku (v době provádění analýzy sítě 110 kV), je uveden v následující tabulce. Tento stav bude brán jako výchozí pro úvahy zajištění napájení a zálohování sítí 110 kV. Velikost odebíraného nebo předávaného výkonu a s tím spojené zatížení transformátorů se v průběhu dne neustále mění. Jestliže nebude uvažováno množství vyráběného výkonu v oblasti, pak v průběhu dne dochází ke změnám ekvivalentně s křivkou denního diagramu zatížení. Doplňujícím předpokladem je, že v síti nedošlo k poruchám a následným manipulacím, čímž by došlo i ke změnám výkonových poměrů v síti.

**Tabulka 4** Tabulka zatížení transformátorů 400/110 kV a 220/110 kV uzlových oblastí

Rozvodna	Označení	Spojení vinutí	$S_{inst}$	$U_1$	$U_2$	$P_2$	$Q_2$	$S_{TSF}$
			(MVA)	(kV)	(kV)	(MW)	(Mvar)	(%)
Horní Životice	T401	Yy0/Yd1/Yd1	250	400	121	92,9	23,3	38,31
	T402	Yy0/Yd1/Yd1	250	400	121	95,3	34,1	40,49
Lískovec	T202	Yy0/Yd1/Yd1	200	230	121	76,2	18,3	39,18
	T203	Yy0/Yd1/Yd1	200	230	121	69,4	28,9	37,59
	T204	YNa0d1	200	230	121	93,8	56,3	54,70
Nošovice	T401	Yy0/d	250	400	121	102,3	21,1	41,78
	T402	Yy0/d	250	400	121	76,6	8,7	30,84
Albrechtice	T401	Yy0/Yd1/Yd1	250	400	121	61,1	18,0	25,48
	T402	YNa0d1	250	400	121	-27,2	15,3	12,48

Z výše uvedené tabulky rozveden vvn/vn, které napájejí ostravskou aglomeraci, je patrné, že soustava 110 kV skýtá poměrně značnou výkonovou rezervu. Velikost rezervy podle aktuálního zatížení je asi 1350 MW. Tato hodnota vychází z instalovaných výkonů transformátorů a množství odebíraného výkonu z nich.

Paušálně nelze tuto hodnotu přesně stanovit, protože do soustavy 110 kV a 22 kV přispívají zdroje elektrické energie, kterými jsou závodní elektrárny, teplárny atp. Ty mohou při poklesech odebíraného zatížení průmyslovým závodem přebytečnou část vyráběného výkonu dodávat do sítě podle předem dohodnutých pravidel mezi provozovatelem výrobního zařízení a společností ČEZ Distribuce, jakožto provozovatelem distribuční soustavy v ostravské aglomeraci. Při výpadku napájecího transformátoru v rozvodně 400/110 kV dojde k poklesu napětí a frekvence pod stanovenou mez. Dojde k zareagování ochran instalovaných ve výrobních a tyto zdroje elektrické energie se automaticky odstaví. Poté je celý odebíraný výkon ze soustavy postižené výpadkem nutno hradit z jiné rozvodny. Rozvodna 400/110 kV je označována jako uzlová oblast. Po překonfigurování sítě je možné tyto zdroje opětovně přiřazovat k soustavě. To platí za podmínky, že výkon je dodáván z přenosové soustavy (PS) do distribuční soustavy (DS).

V případě, že toky výkonu jsou opačné, z DS do PS, je situace příznivější. Podle aktuálního odebíraného výkonu v oblasti postižené výpadkem a velikosti možného dodávaného výkonu zdroji přispívající do této oblasti se určí, zda-li zdroje dokáží výkonově pokrýt celou oblast postiženou výpadkem včetně špiček podle denního diagramu zatížení. Pak je možné vydělit síť 110 kV postiženou výpadkem jako samostatný izolovaný ostrov v ES. U rozveden v ostravské aglomeraci je ve většině případů nutné použít metodu záložního napájení z jiné uzlové oblasti.

Toto je řešeno na základě dispečerského rozhodování. při rozhodování je rovněž nutné přihlédnout k aktuálním a dispozičním možnostem výrobních bloků elektrické energie, zejména pak k rychlosti náběhu výroby elektrické energie.

**Tabulka 5** Zálohované rozvodny prostřednictvím jejichž přípojníc je vyveden výkon do ES

Rozvodna	Označení vývodu	P <sub>inst</sub> (MW)	U (kV)	P <sub>Průměr</sub> (MW)
<b>ETBE</b>	TG15	72	110	-126,0
	TG16	72		
	TG33	33		
<b>OVET</b>	TG9	14	22	-15,0
<b>PASK</b>	DPB	6	22	-4,0

#### 4.2. Výpadek sítě vvn 110 kV

K rozsáhlému výpadku sítě 110 kV může dojít prostřednictvím poruchy na některém z vedení zvn nebo vvn určeném pro napájení uzlové oblasti nebo vlivem poruchy některého z transformátorů 400/110 kV (220/110 kV). Zde jsou nutné manipulace v síti 110 kV vlivem počtu rozveden vvn/vn napájených z jedné uzlové oblasti. Schéma sítě 110 kV pro ostravskou aglomeraci je uvedeno v příloze 1. Přílohová část je z důvodu rozsáhlosti schémat uvedena v elektronické podobě ve formátu pdf na mediálním nosiči, který je součástí DP.

V následujícím bude uvažován výpadek transformátoru 400/110 kV nebo 220/110 kV. Varianty zálohování sítě 110 kV jsou ale voleny tak, aby vyhověly i při výpadku celé rozvodny 400/110 kV. Zálohována je pouze ostravská aglomerace.

## 5. Výpadek sítě 110 kV napájející rozvodny KUNC a CLOU

Transformátor T204 v rozvodně Lískovec napájí rozvodny v oblasti Nový Jičín a Ostrava. Zde jsou prostřednictvím tohoto transformátoru napájeny rozvodny KUNC a CLOU s celkovým odebíraným výkonem přibližně 65 MW. Proto při poruše a odpojení transformátoru dojde k beznapětovému stavu části elektrizační soustavy 110 kV v ostravské aglomeraci.

Rozvodny napájené transformátorem T204 odebírají bez uvažování množství vyráběného výkonu celkový výkon 218 MW, který dále bude označován jako hodnota nedodaného výkonu. Do oblasti je výrobou dodáván výkon 108 MW z celkového instalovaného výkonu 144 MW. Zdrojem elektrické energie jsou především závodní elektrárny v průmyslovém podniku Arcelor Mittal, a.s.

Při výpadku bude výkon do postižené oblasti dodáván z uzlové oblasti Albrechtice z transformátoru T401. Toho se docílí manipulací v rozvodně Vratimov, kde dojde k sepnutí příčné spojky přípojníc A a B. Změny zatížení jsou uvedeny v následující tabulce.

**Tabulka 6** Tabulka bilancí výkonů v uzlových oblastech Lískovec a Albrechtice

Uzlová oblast			Stávající stav			Havarijní stav		
Rozvodna	Označení	S <sub>inst</sub>	P <sub>2</sub>	Q <sub>2</sub>	S <sub>TSF</sub>	P <sub>2</sub>	Q <sub>2</sub>	S <sub>TSF</sub>
		(MVA)	(MW)	(Mvar)	(%)	(MW)	(Mvar)	(%)
Lískovec	T202	200	76,2	18,3	39,2	76,2	18,3	39,2
	T203	200	69,4	28,9	37,6	69,4	28,9	37,6
	T204	200	93,8	56,3	54,7	0,0	0,0	0,0
Albrechtice	T401	250	61,1	18,0	25,5	154,9	74,3	68,7
	T402	250	-27,2	15,3	12,5	-27,2	15,3	12,48

### 5.1. Rozvodna Kunčice (KUNC)

#### 5.1.1. Rozvodna Kunčice – část vvn 110 kV

Rozvodna Kunčice (KUNC) je významným uzlem elektrizační soustavy a elektrickou stanicí 110/22 kV. Přípojnice 110 kV jsou provedeny jako dvojité s jednou přípojnící pomocnou. Strana rozvodny vvn 110 kV je napájena z rozvodu Vratimov dvěma paralelními vedeními V605 a V606. Z rozvodny jsou napájeny rozvodny Vítkovice 1 prostřednictvím dvou paralelních vedení vvn V655, V656 a Ostrava Rudná prostřednictvím vedení vvn V640. V rozvodně OVRU lze pomocí manipulace podélného dělení přípojníc vvn propojovat vedení V640 a V613, které je zaústěno do rozvodny ETBE. Dále je z rozvodny KUNC napájena rozvodna VYSC prostřednictvím vedením vvn V648, kde strana vvn této rozvodny je koncipována v H provedení. Druhý vývod rozvodny této rozvodny je zaústěn do rozvodny Lískovec jako vedení V647.

#### 5.1.2. Rozvodna Kunčice – část vn 22 kV

Strana vn 22 kV rozvodny je provedena s dvojitými přípojnícemi hlavními, označenými W21, W22 a W11, W12 a samostatnou přípojnící pomocnou W51, W52. Přípojnice jsou podélně děleny a propojitelné příčnou spojkou. V rozvodně Kunčice jsou instalovány tři transformátory se základními parametry uvedenými v tabulce 7. Transformátor T105 slouží při současné konfiguraci sítě jako rezerva.

**Tabulka 7** Transformátory v rozvodně Kunčice a jejich zatížení

Rozvodna	Označení	Spojení vinutí	$S_{inst}$	$U_2$	$I_{2MAX}$	$I_2$	$I_{TSF}$
			(MVA)	(kV)	(A)	(A)	(%)
<b>Kunčice</b>	T101	Yy0/d	40	23	1005	225	22,4
	T103	Yy0/d	50	23	1255	885	70,5
	T105	YNyn0/d	50	23	1255	0	0,0

Ze schematického zakreslení sítí vn, které je uvedeno v příloze č. 5, je patrné, že rozvodnu lze propojit prostřednictvím vedení

- vn č.02 s rozvodnami Albrechtice a Lískovec
- vn č.121 s rozvodnou Hrabová, která je napájena čtyřmi paralelními kabely č.964, 965, 2011, 2012 z rozvodny Paskov
- vn č.185 a 186 se spínací stanicí Zábřeh, kterou lze napájet prostřednictvím vedení vn č. 848 a 175 z rozvodny Rudná
- vn č.14 s rozvodnou Teplárna Ostrava. Vedení je zaústěno do rozvodny Teplárna Ostrava jako vedení vn č.365

V tabulce 8 je uvedena stávající konfigurace sítě včetně zapojení jednotlivých vývodů na přípojnice v rozvodně Kunčice.

**Tabulka 8** Tabulka výchozího stavu rozvodny Kunčice

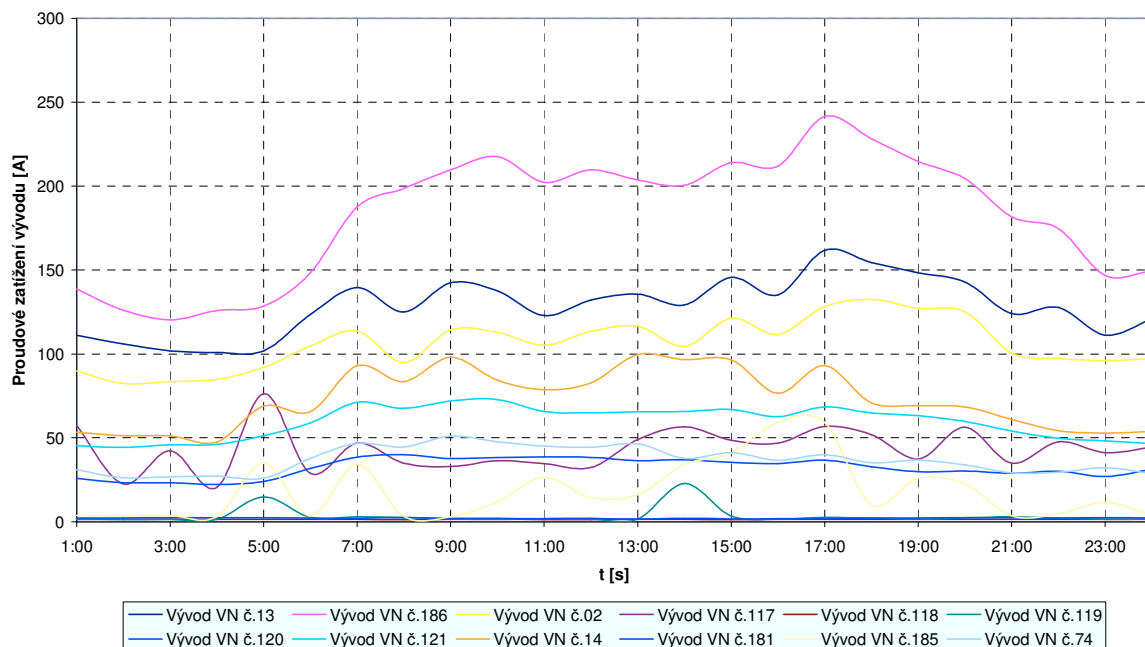
Vedení	Přípojnice	Stav vývodu	Typ nadproudové ochrany	Proud ochrany	Časové nastavení ochrany	Proud. zatížení vývodu	Lze propojit s rozvodnou
VN	(-)	(-)	(-)	(A)	(s)	(A)	
<b>02</b>	W11	zapnut	AT31X	320	1,4	133	OVET, Albrechtice, Lískovec
<b>13</b>	W11	zapnut	AT31X	320	1,4	162	OVET, Albrechtice, Lískovec
<b>14</b>	W11	zapnut	AT31X	320	1,4	100	OVET
<b>74</b>	W11	zapnut	AT31X	360	1,4	51	Lískovec <sup>1)</sup> , Albrechtice <sup>1)</sup>
<b>117</b>	W22	zapnut	AT31X	420	1,2	76	-
<b>118</b>	W22	zapnut	AT31X	420	1,2	23	-
<b>119</b>	W11	zapnut	AT31X	420	1,2	23	-
<b>120</b>	W11	zapnut	AT31X	420	1,2	2	-
<b>121</b>	W11	zapnut	AT31X	340	1,5	73	Hrabová
<b>181</b>	W11	zapnut	AT31X	360	1,2	40	Zábřeh <sup>1)</sup>
<b>185</b>	W11	zapnut	AT31X	480	2,1	59	Zábřeh
<b>186</b>	W11	zapnut	AT31X	480	2,1	242	Zábřeh
<b>D19</b>	W22	zapnut	AT31X	180	1,8	47	-
<b>D71</b>	W22	zapnut	AT31X	360	1,8	66	-
<b>D72</b>	W22	zapnut	AT31X	360	1,8	5	-
<b>D75</b>	W22	zapnut	AT31X	180	1,8	8	-

<sup>1)</sup> Vedení lze propojit s rozvodnou prvkem, který je ovládán místně.



Proudová zatížení vývodů byla získána na základě zimního měření z roku 2010 provedeného společností ČEZ Distribuce, a.s. V průběhu dne se zatížení vývodů a tím i vedení mění. Tyto změny jsou nejmarkantnější v době odpoledních špiček. Naproti tomu některé vývody představují téměř konstantní proudovou zátěž po celý den.

### Průběh proudového zatížení vývodů v rozvodně Kunčice



**Obrázek 18** Časový průběh proudového zatížení jednotlivých vývodů za 24 hodin

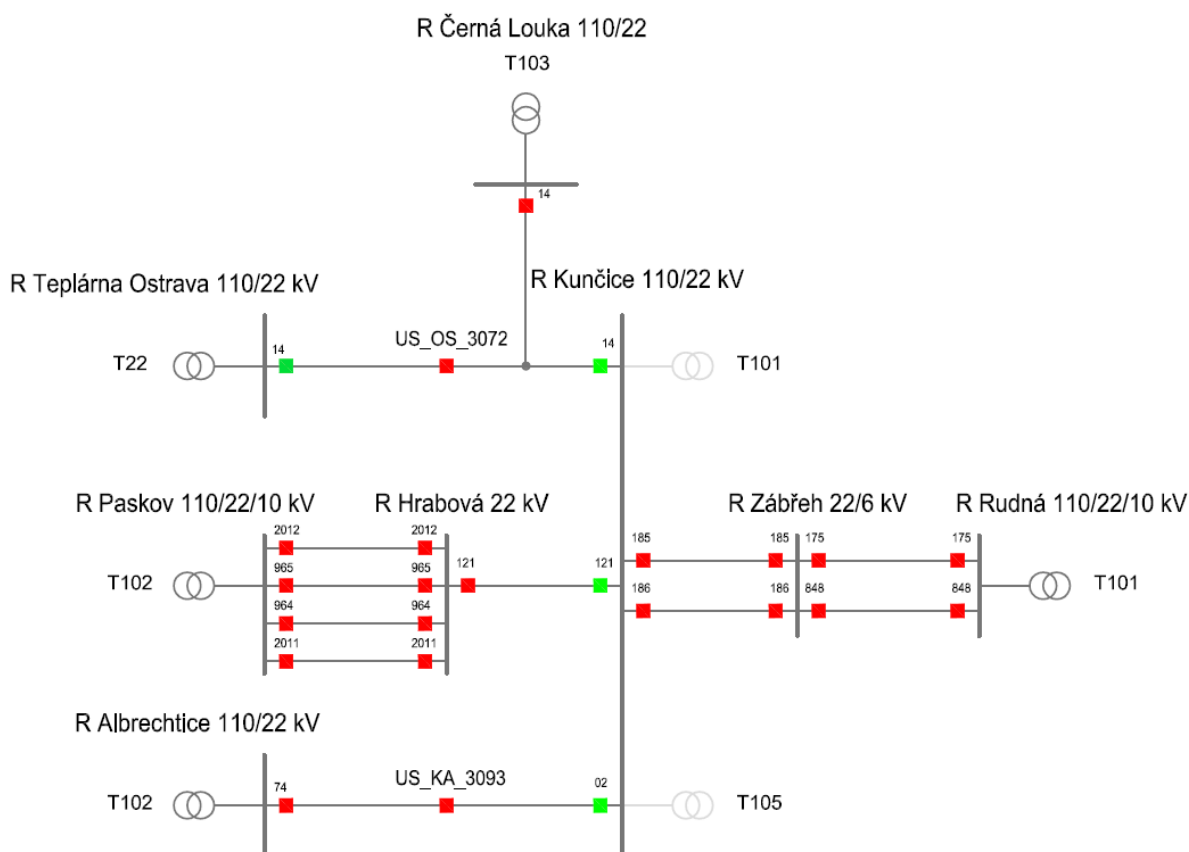
Pro návrh zálohování jednotlivých rozvodů a jim příslušných vedení jsou uvažována maxima hodnot odebíraných proudových zatížení z vývodů za sledované období. Maxima přibližně odpovídají proudovému zatížení v čase 17 hodin. Maximum je uvažováno proto, aby byla zajištěna dostatečná výkonová rezerva ve vedeních a rozvodnách. To je dosaženo tím, že maximum není odebíráno po celou dobu dne. Druhou pomyslnou rezervou, kterou je nutno uvažovat, je, aby v případě malých navýšení odběrů nad uvažovaná maxima, v řádech jednotek ampérů, nedocházelo k přetěžování nebo výpadkům transformátorů, které havarijně napájí výpadkem postiženou rozvodnu. Pro přiblížení proudová hodnota zátěže 1 A v síti 22 kV s napájecím napětím na sekundární straně transformátoru 23 kV při účinnosti sítě  $\cos \varphi = 0,95$  představuje hodnotu činného výkonu 37,8 kW.

Pro rychlou operabilitu a minimalizaci doby přerušení dodávky elektrické energie zákazníkovi jsou vybrané prvky sítě, zejména výkonové vypínače a odpínače, ovládány dálkově. Vedení lze rovněž propojovat pomocí místně ovládaných prvků sítě, úsekových odpojovačů. Ovšem doby manipulací jsou podstatně delší. Doba je pak dána především pohotovostí obsluhy a dojezdovou vzdáleností. Při výpadku rozvodny je nutné v co nejkratší době zajistit náhradní napájení, proto budou uvažovány při spínání vedení a rozvodů v dalším pouze vedení a vývody s dálkově ovládanými prvky.

Za hodnotu dovoleného proudu vedením lze považovat hodnotu nadproudu nastavenou na elektrických ochranách, které jsou instalovány na každém vývodu vedení vn z rozvodny.

#### 5.1.2.1. Zálohování rozvodny KUNC z rozveden Albrechtice, CLOU, PASK a OVRU

Velikost odebíraného zatížení vyjádřeného v ampérech z rozvodny Kunčice odpovídá hodnotě 1078 A. Při provedení výkonové bilance s úvahou možnosti zatížení vedení, prostřednictvím kterých lze přenášet výkon z jedné rozvodny do druhé, lze zjistit, že rozvodu nelze zálohovat pouze z jednoho napájecího bodu sítě vn. Výkon nelze dodávat v celém rozsahu pouze z jedné rozvodny, protože žádné z kmenových vedení nemá k tomu dostatečně velkou přenosovou schopnost. Je nutné výkon přerozdělit na napájecí transformátory okolních rozveden.



Obrázek 19 Schematické znázornění napájení rozvodny Kunčice

Rozvodna bude zálohována z rozvodny OVRU. Část zatížení vybraných vývodů se přerozdělí do rozveden Albrechtice, Černá Louka a Paskov. Pro zajištění napájení všech odběrů dojde v rozvodnách a síti vn 22 kV k těmto manipulacím

1. Vývod vn č.121 s hodnotou odebíraného proudového zatížení 73 A bude vypnut a jeho napájení se zajišťuje zapnutím výkonového odpínače ve spínací stanici Hrabová. Zatížení převezme transformátor T102 v rozvodně Paskov.
2. Vývod vn č.14 s hodnotou odebíraného proudového zatížení 100 A bude vypnut. Na tomto vedení bude zapnut úsekový odpínač US\_OS\_3072 a vedení bude napájeno z rozvodny Černá Louka prostřednictvím vedení vn č.14. Vývod bude v rozvodně Černá Louka zapnut na přípojnicí W12. Zatížení transformátoru T103 v rozvodně Černá Louka vzroste na zatížení 695 A.
3. Vývod vn č.13 s hodnotou proudového zatížení 162 A bude vypnut. Na tomto vedení bude zapnut úsekový odpínač US\_KA\_3093 a vedení bude napájeno prostřednictvím vývodu vn č.13

z rozvodny Albrechtice. Velikost odebíraného zatížení na sekundární straně transformátoru T102 v Albrechticích vzroste na 886 A.

4. Vývod vn č.02 s hodnotou odebíraného proudového zatížení 133 A bude vypnut a jeho napájení se zajistí zapnutím úsekového odpínače US\_FM\_3262, umístěného na vedení vn č.74. Odebíranou hodnotu zátěže 133 A, převezme transformátor T102 v rozvodně Albrechtice.
5. V rozvodně Kunčice budou na přípojnicích W11, W12 převedeny vývody vn č.74, 117, 119, 120, 181 a 186. Tyto přípojnice budou napájeny prostřednictvím vedení vn č.186 z rozvodny Zábřeh z přípojnice W1.
6. Na přípojnicích W21, W22 v rozvodně Kunčice budou převedeny vývody vn č.118, D19, D71, D72 a D75. Tyto vývody budou napájeny prostřednictvím vedení vn č.185 z přípojnice W2 rozvodny Zábřeh.
7. Konfigurace zapojení v rozvodně Zábřeh zůstane stávající, mimo vedení vn č.185 a 186, která budou zapnuta, čímž dojde k navýšení hodnoty odebíraného výkonu na transformátoru T101 v rozvodně Rudná. Ze sekundární strany transformátoru bude odebírána proudová hodnota 501 A, což odpovídá při teoretické hodnotě účinníku  $\cos\varphi = 0,95$  hodnotě výkonu přibližně 22,4 MW.

Manipulace jsou přehledně popsány v tabulkách 9, 10, 11 a 12.

**Tabulka 9** Tabulka manipulací v rozvodně Kunčice

Stávající stav							Varianta 1		
Vedení	Přípojnice	Stav vývodu	Typ nadproudové ochrany	Proud ochrany	Časové nastavení ochrany	Proud. zatížení vývodu	Přípojnice	Stav vývodu	Proud. zatížení vývodu
VN	(-)	(-)	(-)	(A)	(s)	(A)	(-)	(-)	(A)
02	W11	zapnut	AT31X	320	1,4	133	W11	vypnut	0
13	W11	zapnut	AT31X	320	1,4	162	W21	vypnut	0
14	W11	zapnut	AT31X	320	1,4	100	W11	vypnut	0
74	W11	zapnut	AT31X	360	1,4	51	W11	zapnut	51
117	W22	zapnut	AT31X	420	1,2	76	W12	zapnut	76
118	W22	zapnut	AT31X	420	1,2	23	W22	zapnut	23
119	W11	zapnut	AT31X	420	1,2	23	W11	zapnut	23
120	W11	zapnut	AT31X	420	1,2	2	W11	zapnut	2
121	W11	zapnut	AT31X	340	1,5	73	W11	vypnut	0
181	W11	zapnut	AT31X	360	1,2	40	W11	zapnut	40
185	W11	zapnut	AT31X	480	2,1	59	W21	zapnut	-309
186	W11	zapnut	AT31X	480	2,1	242	W11	zapnut	-192
D19	W22	zapnut	AT31X	180	1,8	47	W22	zapnut	47
D71	W22	zapnut	AT31X	360	1,8	66	W22	zapnut	66
D72	W22	zapnut	AT31X	360	1,8	5	W22	zapnut	5
D75	W22	zapnut	AT31X	180	1,8	8	W22	zapnut	8

V následující tabulce je vyjádřena změna zatížení spínací stanice Zábřeh vlivem výpadku rozvodny Kunčice. V rozvodně Zábřeh jsou instalovány 2 transformátory T21 a T22, které napájejí kabelovou síť 10 kV. Zálohováním rozvodny Kunčice nedojde k jejich omezení.

**Tabulka 10** Tabulka manipulací v rozvodně Zábřeh

Stávající stav							Varianta 1		
Vedení	Přípojnice	Stav vývodu	Typ nadproudové ochrany	Proud ochrany	Časové nastavení ochrany	Proud. zatížení vývodu	Přípojnice	Stav vývodu	Proud. zatížení vývodu
VN	(-)	(-)	(-)	(A)	(s)	(A)	(-)	(-)	(A)
175	W1	zapnut	AT31X	360	1	-160	W1	zapnut	-242
185	W1	vypnut	AT31X	460	1,8	0	W2	zapnut	149
186	W2	vypnut	AT31X	460	1,8	0	W1	zapnut	192
848	W2	zapnut	AT31X	360	0,8	-50	W2	zapnut	-309
849	W1	zapnut	AT31X	360	0,8	50	W1	zapnut	50
T22	W2	zapnut	-	-	-	160	W2	zapnut	160
T21	W2	vypnut	-	-	-	0	W2	vypnut	0

**Tabulka 11** Tabulka manipulací v okolních rozvodnách.

Rozvodna	Vedení	Proud ochrany	Časové nastavení ochrany	Proud. zatížení vývodu	Manipulace
		(A)	(s)	(A)	
Albrechtice	13	360	1,2	251	-
	74	320	1,2	252	-
Hrabová	121	220	1,2	73	Zapnutí na přípojnici W11
Rudná	175	420	0,6	242	Zapnutí na přípojnici W2.
	848	420	0,6	309	Zapnutí na přípojnici W2.
Černá Louka	14	240	1,2	169	Zapnutí na přípojnici W12.
Teplárna Ostrava	14	330	1,2	0	Vypnout.

**Tabulka 12** Tabulka manipulací v síti vn 22 kV

Vedení	13	74	14
Manipulace	Zapnutí US_KA_3093	Zapnutí US_FM_3262	Zapnutí US_OS_3072

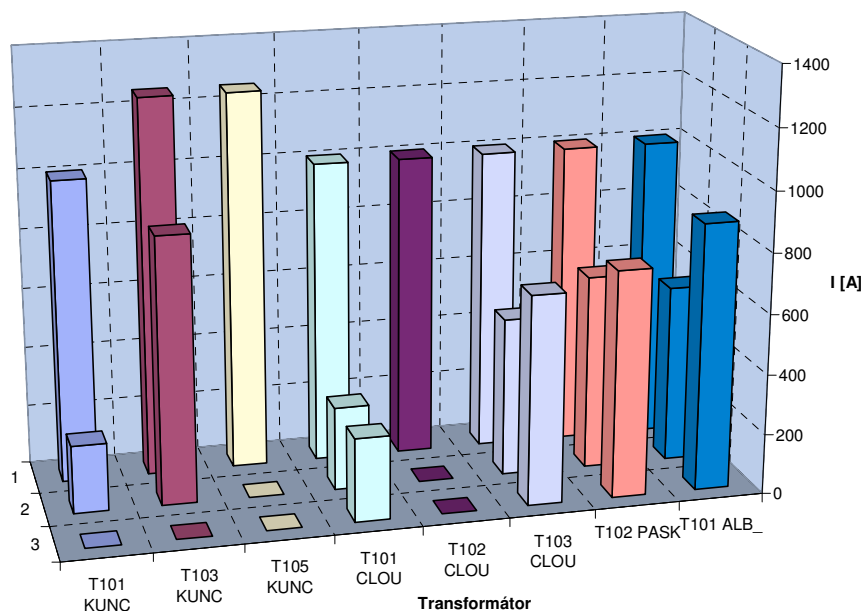
Ve sloupci s označením proudové zatížení vývodu je vždy uvedena hodnota zatížení vývodu již po manipulaci. Z důvodu přerozdělení toků výkonů v síti vn 22 kV dojde při výpadku rozvodny Kunčice k navýšení zatížení transformátorů v okolních rozvodnách. Zatížení rozveden před vznikem a po vzniku havarijní situace je srovnáno v následující tabulce.

**Tabulka 13** Srovnání zatížení transformátorů v okolních rozvodnách při havarijním napájení Kunčic

Rozvodna	Stávající stav							Varianta 1		
	Označení	Stav / připojnice	$S_{inst}$	$U_2$	$I_{2MAX}$	$I_2$	$I_{TSF}$	$U_2$	$I_2$	$S_{TSF}$
			(MVA)	(kV)	(A)	(A)	(%)	(kV)	(A)	(%)
Kunčice	T101	zap / W22	40	23,0	1005	225	22,4	0,0	0	0,0
	T103	zap / W11	50	23,0	1255	885	70,5	0,0	0	0,0
	T105	vyp / W11	50	23,0	1255	0	0,0	0,0	0	0,0
Černá Louka	T101	zap / W11	50	23	1005	276	27,5	23	276	27,5
	T102	vyp / W12	50	23	1004	0	0,0	0	0	0,0
	T103	zap / W12	40	23	1004	526	52,4	23	695	69,2
Paskov	T101 <sup>1)</sup>	vyp / W1	40	10,5	2199	338	15,4	10,5	338	15,4
	T102	zap / W21	40	23,0	1004	647	64,4	23,0	754	75,1
Rudná	T101	zap / W2	40	23,0	1004	200	19,9	23,0	751	74,8
	T102 <sup>1)</sup>	zap / W11	40	10,5	1375	362	26,3	10,5	362	26,3
Albrechtice	T101	zap / W11	40	23,0	1004	590	58,8	23,0	886	88,3
	T102	vyp / W12	40	23,0	1004	0	0,0	23,0	0	0,0

<sup>1)</sup> Transformátor napájí rozvody vn 10 kV

<sup>2)</sup> Transformátor napájí oddělenou část rozvodny vn 22 kV pro OKD



**Obrázek 20** Grafické znázornění zatížení transformátorů v okolních rozvodnách při havarijním napájení rozvodny Kunčice

Symbolika užitá v grafech

- osa x – označení rozvodny a příslušného transformátoru
- osa y – hodnota proudového zatížení sekundární strany příslušného transformátoru
- osa z – 1...Jmenovitý proud sekundární strany transformátoru  $I_{2MAX}$  (A)  
2...Proudové zatížení sekundární strany transformátoru při stávajícím stavu  $I_2$  (A)  
3...Proudové zatížení sekundární strany transformátoru při zálohování rozvodny  $I_2$  (A)

Symbolika bude totožná u všech variant zálohování jednotlivých rozvodů.

Z výše uvedeného vyplývá, že rozvodnu Kunčice lze v případě výpadku některého z prvků ES 100 % zálohovat.

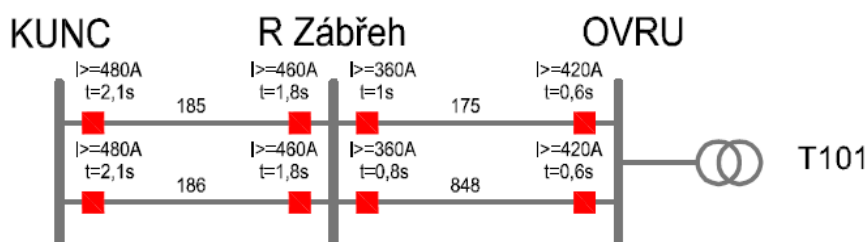
### 5.1.3. Selektivita

Selektivita je vlastnost elektrických ochrany, jež zajišťuje, aby byla vypnuta pouze ta část ES, která je postižena poruchou [8].

Selektivitu lze dosáhnout

- vhodným časovým odstupňováním ochrany – čas nastavený na ochraně se ve směru k napájecímu zdroji zvyšuje
- odstupňováním úrovně vstupní nastavené veličiny
- zpracováním více veličin současně
- zpracováním informací o stavu ES z více míst
- kombinací výše uvedeného

Při havarijním zálohování rozvodny Kunčice nebude dodržena časová ani proudová selektivita napájecí cesty - viz. následující schéma. Například při poruše vedení vn č.185 dojde k neselektivnímu vypnutí vedení na vstupu do rozvodny Zábřeh a výpadkem bude postižena i tato rozvodna.



**Obrázek 21** Selektivita ochrany pro napájecí cestu rozvodny Kunčice

Stávající ochrany v rozvodnách nejsou uzpůsobeny pro dálkové nastavování parametrů vybavovacích hodnot nadproudů či jiných parametrů. V tomto případě by musely být ochrany přenastaveny místně přímo v rozvodně a tím by se prodlužovala lineárně s jejich počtem i doba trvání výpadku. Instalace dálkově nastavitelných ochrany z MKD by představovala značné investiční náklady.

Změna nastavení ochrany není nutná, neboť se jedná o přechodný havarijní stav, u kterého je snahou co nejdříve odstranit stav ES před vznikem poruchy.

## 5.2. Rozvodna Černá Louka (CLOU)

### 5.2.1. Rozvodna Černá Louka – část vvn 110 kV

Rozvodna Černá louka je elektrickou stanicí 110/22 kV a je situována na paprsku. Rozvodna je napájena prostřednictvím dvou paralelních venkovních vedení vvn 110 kV, linky V609 a V610 z rozvodny Kunčice. Přípojnice vvn rozvodny jsou v provedení dvojitého přípojníc hlavních s jednou přípojnící pomocnou. Obě vedení jsou instalována na jednom stožáru. V případě poruchy jednoho z nich převezme přenášený výkon nepoškozené vedení. V případě že dojde k přerušení obou vedení bude nevyhnutelné výkon nedodaný vlivem výpadku dodávat prostřednictvím sítě vn 22 kV.

### 5.2.2. Rozvodna Černá Louka – část vn 22 kV

Rozvodna 22 kV je provedena systémem dvojitého přípojníc (W11 a W12) s dvěma přípojnícemi pomocnými (W51 a W52). Hlavní přípojnice jsou propojitelné příčnou spojkou. V rozvodně jsou instalovány 3 transformátory 110/22 kV, z nichž v provozu jsou transformátory T101 a T102. Instalovaný výkon a zatížení na sekundární straně vinutí transformátorů je uvedeno v následující tabulce. Transformátor T103 slouží jako rezerva.

**Tabulka 14** Transformátory v rozvodně Černá Louka a jejich zatížení

Rozvodna	Označení	Spojení vinutí	$S_{inst}$	$U_2$	$I_{2MAX}$	$I_2$	$I_{TSF}$
			(MVA)	(kV)	(A)	(A)	(%)
Černá Louka	T101	YNyn0/d1	40	23,0	1005	276	27,5
	T102	Ynyn/d1	40	23,0	1004	0	0,0
	T103	Ynyn0/(d)	40	23,0	1004	526	52,4

Ze schématického zakreslení sítě vn (viz. příloha č. 5) je patrné, že rozvodnu lze propojit prostřednictvím následujících vedení

- vn č.850 s rozvodnou Nová Radnice
- vn č.854 s rozvodnou Fifejdy a Nová Radnice prostřednictvím manipulací ve stávajících DTS 8073 a DTS 7857
- vn č.859 s rozvodnou Fifejdy
- vn č.860 s rozvodnou Nová Radnice
- vn č.864 a vn č.999 s rozvodnou Mariánské Hory, tato vedení lze provozovat paralelně
- vn č.999 s rozvodnou Mariánské hory

Převážná část vedení z rozvodny Černá Louka (dále jen CLOU) je vyvedeno do rozvodny Nová Radnice. Prostřednictvím prvků instalovaných v síti ve stávajících distribučních trafostanicích lze různými kombinacemi tato vedení propojovat, čímž lze při havarijním napájení rozvodny CLOU zrovnoměnit zatížení odebírané z přípojníc v rozvodně Nová Radnice, respektive rovnoměrně rozdělit zatížení na napájecí transformátory v rozvodně Teplárna Ostrava (dále jen OVET), která bude v případě výpadku napájet předmětnou rozvodnu. Aktuální zapojení rozvodny je uvedeno v následující tabulce.

**Tabulka 15** Tabulka výchozího stavu rozvodny CLOU

<i>Vedení</i>	<i>Přípojnice</i>	<i>Stav vývodu</i>	<i>Typ nadproudové ochrany</i>	<i>Proud ochrany</i>	<i>Časové nastavení ochrany</i>	<i>Proud. zatížení vývodu</i>	<i>Lze propojit s rozvodnou</i>
VN	(-)	(-)	(-)	(A)	(s)	(A)	(-)
<b>14</b>	W12	vypnut	AT31X	240	1,2	0	Kunčice, Teplárna Ostrava
<b>850</b>	W12	zapnut	AT31X	400	1,3	86	Nová radnice
<b>854</b>	W12	zapnut	AT31X	320	1,0	40	Nová radnice, Fifejdy
<b>855</b>	W12	zapnut	AT31X	240	1,0	45	Nová radnice
<b>856</b>	W12	zapnut	AT31X	240	1,0	21	Nová radnice, Fifejdy
<b>857</b>	W12	zapnut	AT31X	240	1,0	24	Nová radnice
<b>858</b>	W12	zapnut	AT31X	240	1,0	26	Nová radnice
<b>859</b>	W12	zapnut	AT31X	480	1,4	0	Fifejdy
<b>860</b>	W11	zapnut	AT31X	440	1,3	0	Nová radnice
<b>863</b>	W12	zapnut	AT31X	240	1,0	67	Nová radnice
<b>864</b>	W12	zapnut	AT31X	360	1,5	172	Mariánské Hory
<b>865</b>	W12	zapnut	AT31X	240	1,0	29	Nová Radnice
<b>885</b>	W11	zapnut	7SJ621	350	0,6	26	-
<b>886</b>	W12	zapnut	AT31X	240	1,2	16	-
<b>922</b>	W11	zapnut	AT31X	240	0,8	0	Mariánské Hory <sup>1)</sup>
<b>999</b>	W11	zapnut	AT31X1	360	1,5	184	Mariánské Hory
<b>D25</b>	W11	zapnut	7SJ621	350	0,6	14	-
<b>D28</b>	W11	zapnut	AT31X	200	1,8	12	-
<b>D29</b>	W11	zapnut	AT31X	600	1,8	14	-
<b>D251</b>	W11	zapnut	AT32X32	360	1,8	11	-
<b>D260</b>	W11	zapnut	AT32X32	360	1,8	15	-

<sup>1)</sup> Vedení lze propojit s rozvodnou prvkem, který je ovládán místně.

Z rozvodny CLOU je odebírána hodnota zatížení 687 A. Varianty záložního napájení v případě výpadku transformátorů v rozvodně jsou kombinací propojení rozvodny CLOU, která se stane pouze spínací stanicí, s rozvodnami OVET a Třebovice (dále jen ETBE).

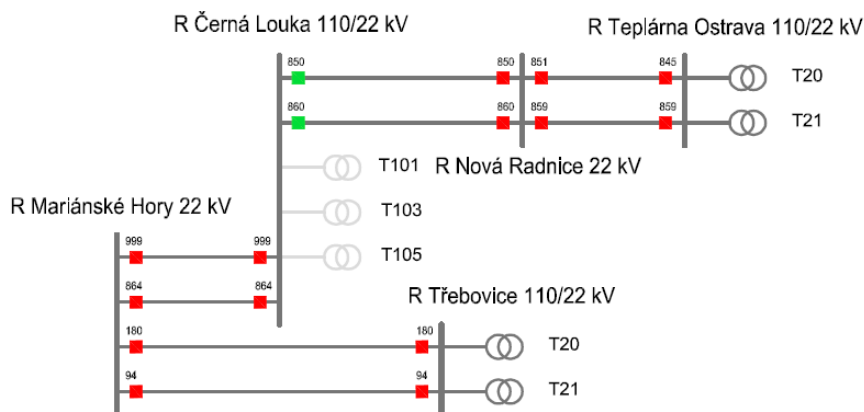
Rozvodna bude napájena z rozvodny OVET přes spínací stanici Nová Radnice nebo z rozvodny Třebovice přes spínací stanici Mariánské Hory. Je také možná kombinace zálohování alespoň části rozvodny CLOU vedením vn č.14, které je zaústěno do rozveden OVET a KUNC. Tato kombinace byla vyloučena pro malé přenosové schopnosti vedení vn č.14. Rozvodnu lze rovněž napájet prostřednictvím vedení vn č.859 z rozvodny Fifejdy, která je napájena z rozvodny OVET. Z důvodů malé výkonové rezervy transformátorů v rozvodně OVET byla tato varianta rovněž vyloučena. Možností by bylo, rozvodnu Fifejdy a odebírané zatížení z ní, predisponovat do rozvodny Třebovice a uvolněnou část výkonu využít pro havarijní napájení rozvodny CLOU. Ovšem tímto dojde k přetížení transformátorů v rozvodně ETBE a k jejímu následnému výpadku. Řešením by pak byla reorganizace zapojení vývodů vn v rozvodně ETBE a zapnutí transformátoru T26 (označen rovněž jako T103).

Vlivem výpadku rozvodny CLOU dojde k beznapětovému stavu i v rozvodně Mariánské Hory. Zde se zajistí obnovení dodávky z rozvodny ETBE prostřednictvím zapnutí vedení vn č.94 a 180.



### 5.2.2.1. Zálohování rozvodny CLOU z rozvodu OVET, ETBE, Mariánské Hory a Nová Radnice (Varianta 1)

Na přípojnice rozvodny CLOU bude dodáván výkon z rozvodny ETBE prostřednictvím spínací stanice Mariánské Hory. Část odebíraného zatížení z rozvodny CLOU bude hrazena z rozvodny OVET přes spínací stanici Nová Radnice. Převedení výkonu se dosáhne manipulacemi v síti vn 22 kV ve stávajících distribučních trafostanicích.



**Obrázek 22** Schématické znázornění havarijního napájení rozvodny CLOU pro variantu 1

Vlivem přerozdelení odebíraného zatížení mezi inkriminované rozvodny dojde v rozvodně CLOU a v síti vn 22 kV k těmto manipulacím

- v rozvodně CLOU budou vypnuty vývody vedení vn č.854, 855, 856 a 865. Jejich výkonové zajištění se provede z rozvodny Nová Radnice manipulacemi ve stávajících distribučních trafostanicích (dále jen DTS) následovně
  - v DTS 8015 budou zapnuty všechny dálkově ovládané odpínače. Tím se zálohuje vedení vn č.854 a 856 s hodnotou odebíraného proudového zatížení 63 A. Vedení budou napájena prostřednictvím vývodu vn č.854 z rozvodny Nová Radnice.
  - v DTS 8012 budou zapnuty vývody s dálkově ovládanými odpínači tak, aby se propojila vedení vn č.855 s hodnotou odebíraného proudového zatížení 39 A a vn č.856 z rozvodny Nová Radnice.
  - v DTS 8193 budou zapnuty všechny vývody s dálkově ovládanými odpínači. Manipulací se zálohuje vedení vn č.856 s hodnotou odebíraného proudového zatížení 30 A prostřednictvím vedení vn č.858 napájeného z rozvodny Nová Radnice.
  - V rozvodně Nová Radnice bude zapnut vývod vedení vn č.858.

Těmito manipulacemi se převedla část proudového zatížení rozvodny CLOU do rozvodny OVET. Selektivita elektrických ochranných napájecí cesty z rozvodny ETBE v rozmezí rozvodu Mariánské Hory až CLOU není dodržena.

- Zajištění rozvodny Mariánské Hory bude provedeno z rozvodny ETBE zapnutím vývodu vedení vn č.94 a 180. V rozvodně CLOU zůstanou zapnuty vývody vedení vn č.999 na přípojnici W11 a č.864 na přípojnici W12. Tím bude zálohována rozvodna CLOU s celkovou hodnotou nově odebíraného proudového zatížení 240 A.

Přehled manipulací v rozvodně CLOU a v okolních rozvodnách je uveden v následujících tabulkách. V tabulce 18 je uvedeno srovnání zatížení transformátorů v okolních rozvodnách. Grafické porovnání je znázorněno na následujícím obrázku 23.

**Tabulka 16** Tabulka manipulací v rozvodně CLOU

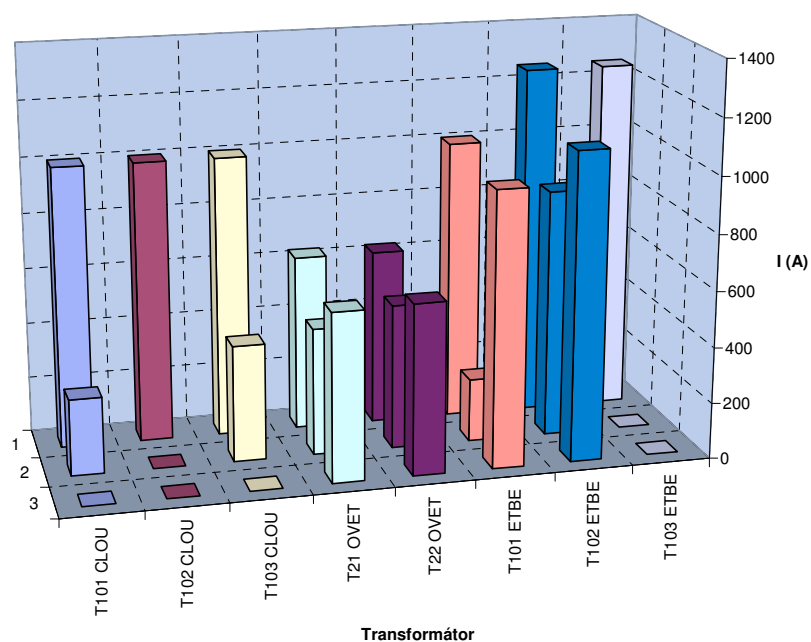
	<i>Stávající stav</i>						<i>Varianta 1</i>		
<i>Vedení</i>	<i>Přípojnice</i>	<i>Stav vývodu</i>	<i>Typ nadproudové ochrany</i>	<i>Proud ochrany</i>	<i>Časové nastavení ochrany</i>	<i>Proud. zatížení vývodu</i>	<i>Přípojnice</i>	<i>Stav vývodu</i>	<i>Proud. zatížení vývodu</i>
VN	(-)	(-)	(-)	(A)	(s)	(A)	(-)	(-)	(A)
14	W12	vypnut	AT31X	240	1,2	0	W12	vypnut	0
854	W12	zapnut	AT31X	320	1,0	39	W12	vypnut	0
855	W12	zapnut	AT31X	240	1,0	45	W12	vypnut	0
856	W12	zapnut	AT31X	240	1,0	24	W12	vypnut	0
864	W12	zapnut	AT31X	360	1,5	141	W12	zapnut	-136
865	W12	zapnut	AT31X	240	1,0	30	W12	vypnut	0
999	W11	zapnut	AT31X1	360	1,5	168	W11	zapnut	-104

**Tabulka 17** Tabulka manipulací v okolních rozvodnách

<i>Rozvodna</i>	<i>Vedení</i>	<i>Proud ochrany</i>	<i>Časové nastavení ochrany</i>	<i>Proud. zatížení vývodu</i>	<i>Manipulace</i>
		(A)	(s)	(A)	
Nová Radnice	858	240	0,6	29	Zapnutí na přípojnici W12.
Mariánské Hory	94	340	1,3	-313	Zapnutí na přípojnici W2.
	180	340	1,3	-318	Zapnutí na přípojnici W1.

**Tabulka 18** Tabulka změn zatížení transformátorů v rozvodnách CLOU, OVET a ETBE

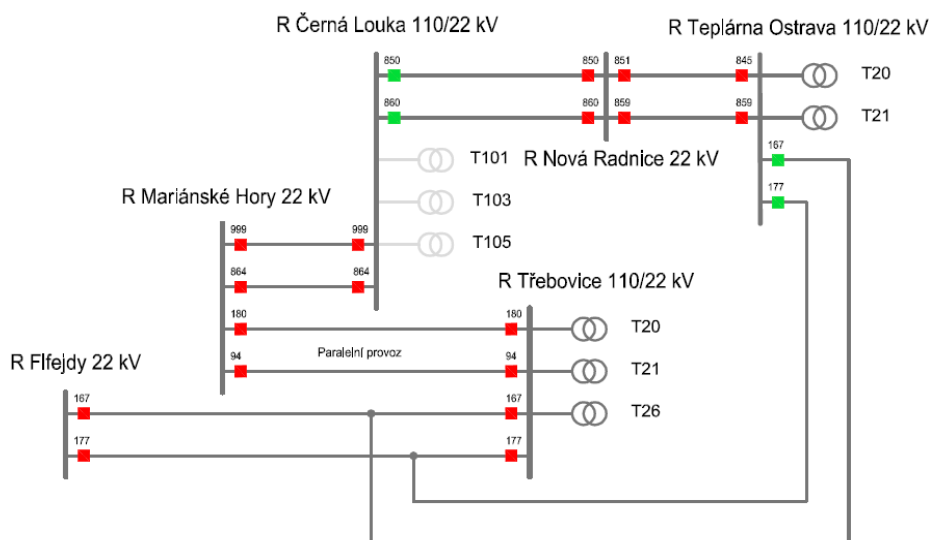
	<i>Stávající stav</i>							<i>Varianta 1</i>		
<i>Rozvodna</i>	<i>Označení</i>	<i>Stav / přípojnice</i>	<i>S<sub>inst</sub></i>	<i>U<sub>2</sub></i>	<i>I<sub>2MAX</sub></i>	<i>I<sub>2</sub></i>	<i>I<sub>TSF</sub></i>	<i>U<sub>2</sub></i>	<i>I<sub>2</sub></i>	<i>I<sub>TSF</sub></i>
			(MVA)	(kV)	(A)	(A)	(%)	(kV)	(A)	(%)
Černá Louka	T101	zap / W11	50	23	1005	272	27,1	0	0	0,0
	T102	vyp / W12	50	23	1004	0	0,0	0	0	0,0
	T103	zap / W12	40	23	1004	415	41,3	0	0	0,0
Teplárna Ostrava	T21	zap / W1	25	23	628	454	72,3	23	601	95,7
	T22	zap / W2	25	23	628	517	82,3	23	609	96,8
Třebovice	T101	zap / W22	40	23	1005	225	22,4	23	981	97,6
	T102	zap / W11	50	23	1255	885	70,5	23	1097	87,4
	T103	vyp / W11	50	23	1255	0	0,0	23	0	0,0



**Obrázek 23** Grafické znázornění zatížení transformátorů v okolních rozvodnách

Podle grafického znázornění je patrné, že zatížení transformátorů bude nejkritičtější v rozvodně ETBE. Proto předmětem následujících variant bude snížení zatížení těchto transformátorů vlivem zapnutí transformátoru T103 v rozvodně ETBE.

#### 5.2.2.2. Záláhování rozvodny CLOU z rozveden OVET, ETBE, Mariánské Hory a Nová Radnice (Varianta 2)



**Obrázek 24** Schématické znázornění havarijního napájení rozvodny CLOU pro variantu 2

Schéma napájení rozvodny CLOU je stejné jako v předešlé variantě. Dojde k využití transformátoru T103 v rozvodně ETBE s instalovaným výkonem 50 MVA, který slouží při aktuální konfiguraci sítě jako rezerva. Transformátor bude zapnut na přípojnici W13 a bude napájet rozvodnu Fifejdy, Mariánské Hory a CLOU. Tím dojde k odlehčení transformátoru T22 v rozvodně OVET a vzniklá výkonová rezerva může být využita prostřednictvím rozvodny Nová Radnice pro zálohování skupiny vývodů vypnutých v rozvodně CLOU.

Manipulace v rozvodně CLOU jsou shodné s variantou 1 včetně manipulací v rozvodně Mariánské Hory. V okolních rozvodnách vn 22 kV dojde k těmto manipulacím

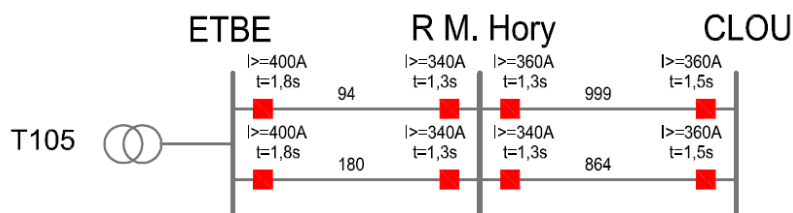
- v rozvodně ETBE dojde k rozeptnutí podélné spojky přípojníc oddělující přípojnice W11 a W12, následně dojde k přemanimulování vypnutého vývodu transformátoru T26 na přípojnici W12 a jeho zapnutí.
- v rozvodně OVET budou vypnuty vývody vedení vn č.167 a 177.
- v rozvodně ETBE budou přemanimulovány a zapnuty vývody vn č.167, 177, 180 a 94 na přípojnici W13. Celkové zatížení sekundární strany transformátoru T26 následně vzroste na 1023 A.
- v rozvodně Mariánské Hory budou přemanimulována vedení vn č.94 a 180 na přípojnici W2 a bude sepnuta příčná spojka přípojníc. Vedení budou provozována paralelně.

Podrobný přehled manipulací v okolních rozvodnách je uveden v následující tabulce.

**Tabulka 19** Tabulka manipulací v okolních rozvodnách.

<i>Rozvodna</i>	<i>Vedení</i>	<i>Proud ochrany</i>	<i>Časové nastavení ochrany</i>	<i>Proud. zatížení vývodu</i>	<i>Manipulace</i>
		(A)	(s)	(A)	
<b>Nová Radnice</b>	858	240	0,6	29	Zapnutí na přípojnici W12.
<b>Mariánské Hory</b>	94	340	1,3	-313	Zapnutí na přípojnici W2.
	180	340	1,3	-318	Zapnutí na přípojnici W2.
	864	360	1,5	136	Zapnutí na přípojnici W2.
	999	360	1,5	104	Zapnutí na přípojnici W2.
	SP	700	1	424	Sepnout.
<b>Teplárna Ostrava</b>	167	390	1,4	0	Vypnout.
	177	390	1,4	0	Vypnout.
<b>Třebovice</b>	T26	-	-	1023	Zapnout
	94	400	1,8	316	Zapnutí na přípojnici W13.
	167	400	1,4	154	Zapnutí na přípojnici W13.
	177	400	1,4	238	Zapnutí na přípojnici W13.
	180	400	1,8	316	Zapnutí na přípojnici W13.

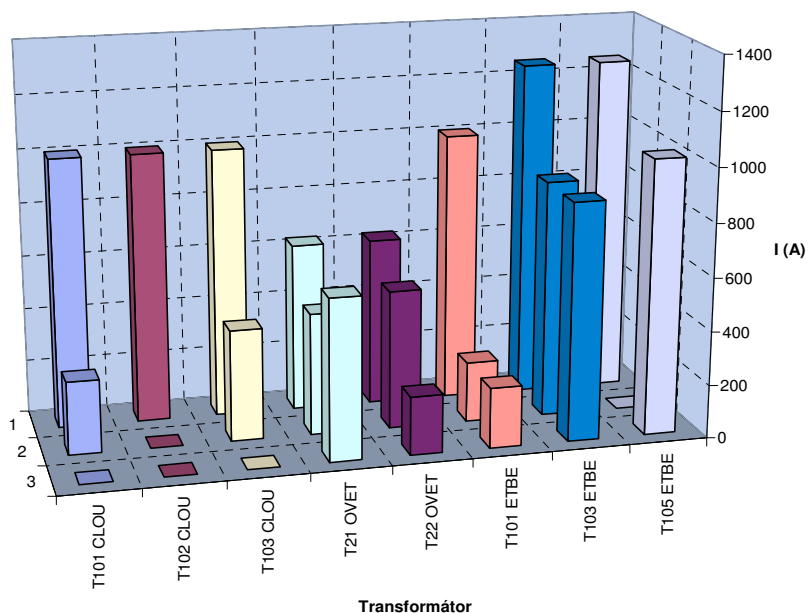
Selektivita elektrických ochran při napájení rozvodny Fifejdy z rozvodny ETBE je dodržena. Při napájení rozvodu Mariánské Hory a z ní dále rozvodny CLOU selektivita ochran dodržena není. V rozvodně Mariánské Hory, viz. následující obrázek, bude pomyslné nejslabší místo napájecí cesty. V případě přetížení některého z vedení bude výpadkem navíc postižena i rozvodna Mariánské Hory.



Obrázek 25 Selektivita ochran napájecí cesty rozvodny CLOU

Tabulka 20 Tabulka změn zatížení transformátorů v rozvodnách CLOU, OVET a ETBE

Rozvodna	Stávající stav							Varianta 2		
	Označení	Stav / připojnice	$S_{inst}$	$U_2$	$I_{2MAX}$	$I_2$	$I_{TSF}$	$U_2$	$I_2$	$I_{TSF}$
			(MVA)	(kV)	(A)	(A)	(%)	(kV)	(A)	(%)
Černá Louka	T101	zap / W11	50	23	1005	272	27,1	0	0	0,0
	T102	vyp / W12	50	23	1004	0	0,00	0	0	0,0
	T103	zap / W12	40	23	1004	415	41,3	0	0	0,0
Teplárna Ostrava	T21	zap / W1	25	23	628	454	72,3	23	601	95,7
	T22	zap / W2	25	23	628	517	82,3	23	217	96,8
Třebovice	T101	zap / W22	40	23	1005	225	22,4	23	225	22,4
	T103	zap / W11	50	23	1255	885	70,5	23	885	70,5
	T105	vyp / W11	50	23	1255	0	0,0	23	1023	81,5



Obrázek 26 Grafické znázornění zatížení transformátorů v okolních rozvodnách

Podle tabulek a grafického zatížení transformátorů lze rozvodnu CLOU sto procentně zálohovat. Varianta 2 se z hlediska rozdělení zatížení na transformátory jeví jako neoptimálnější, a proto bude při výpadku rozvodny CLOU přednostně využívána.

## 6. Výpadek sítě 110 kV napájející rozvodnu PASK

Transformátor T401 v rozvodně Albrechtice (dále jen ALB\_) napájí část sítě 110 kV v ostravské aglomeraci. Jednou ze součástí této sítě vvn je i rozvodna Paskov (dále jen PASK). Na přípojnice rozvodny ALB\_ je vyveden výkon dodávaný 3. blokem elektrárny Dětmárovice prostřednictvím vedení vvn V693. Jestliže nastane výpadek transformátoru T401, může být výkonový deficit hrazen z EDE, ovšem s tím, že výkon z EDE nebude dodáván do PS. Vyrobený výkon poklesne na hodnotu spotřeby ve vyděleném ostrově. A po přifázování ostrova do jiné uzlové oblasti by se obnovila dodávka výkonu do PS.

Dále bude uvažováno, že výkon z EDE je do PS předáván prostřednictvím transformátoru T402 v Albrechticích. Vedení V693 v ALB\_ je zapnuto na přípojnici B1.

Při poruše a odpojení transformátoru T401 dojde k beznapětovému stavu části elektrizační soustavy 110 kV. Pro zajištění dodávky dojde v rozvodně Vratimov k propojení přípojníc A a B sepnutím spojky. Tím se převede hodnota výkonu dodávaná transformátorem T401 v Albrechticích před poruchou na transformátor T204 v rozvodně Lískovec. Zatížení transformátorů před a po manipulaci je uvedeno v tabulce 21.

**Tabulka 21** Tabulka bilancí výkonů v uzlových oblastech Albrechtice a Lískovec

Uzlová oblast			Stávající stav			Havarijní stav		
Rozvodna	Označení	$S_{inst}$	$P_2$	$Q_2$	$S_{TSF}$	$P_2$	$Q_2$	$S_{TSF}$
		(MVA)	(MW)	(Mvar)	(%)	(MW)	(Mvar)	(%)
Albrechtice	T401	250	61,1	18,0	25,48	0,0	0,0	0,00
	T402	250	-27,2	15,3	12,48	-27,2	15,3	12,5
Lískovec	T202	200	76,2	18,3	39,18	76,2	18,3	39,2
	T203	200	69,4	28,9	37,59	69,4	28,9	37,6
	T204	200	93,8	56,3	54,70	154,9	74,3	85,9

V případě, kdy dojde k výpadku pouze transformátoru T401 v rozvodně ALB\_, je časově nejméně náročným způsobem obnovení dodávky el. energie sepnutí spojky přípojníc v rozvodně Albrechtice. Tím bude dodáván celý výkon z transformátoru T402 v rozvodně ALB\_. Podle výše uvedené tabulky je zřejmé, že variantu lze realizovat, aniž by došlo k přetížení transformátoru T402 v rozvodně ALB\_.

Alternativou pro zajištění napájení odběrů vn v rozvodně PASK, není-li možné zajistit napájení z transformátorů 110/22/10 kV, je napájet přípojnice 22 kV a 10 kV v rozvodně z jiné rozvodny 22 kV a 10 kV pomocí manipulací na stávajících vedeních.

### 6.1. Rozvodna Paskov (PASK)

#### 6.1.1. Rozvodna Paskov – část vvn 110 kV

Rozvodna PASK je elektrickou stanicí 110/22/10 kV. Část rozvodny vvn 110 kV může být napájena prostřednictvím paralelních vedení vvn V5647 a V5648 z rozvodny Vratimov. Vedení vvn V5648 je v rozvodně PASK vypnuto. Rozvodna je tedy situována na paprsku. Uspořádání přípojníc je provedeno v tzv. H-schématu. Odběratelé připojení na hladinu vvn 110 kV budou omezeni po dobu, než dojde k opravě vedení. V případě poruchy těchto vedení nebo transformátorů v rozvodně PASK je nutné zajistit dodávku el. energie pro odběratele připojené na hladině vn 22 kV a vn 10 kV prostřednictvím vn sítě.

### 6.1.2. Rozvodna Paskov – část vn 22 kV

Část elektrické stanice, rozvodna 22 kV, má dvojitý systém přípojníc, který je napájen z transformátoru T102 110/22 kV. Přípojnice jsou značeny W11, W12 a W21, W22 a je možné je propojit podélnou nebo příčnou spojkou. Druhou částí rozvodny je rozvodna 10 kV rovněž s dvojitým systémem přípojníc, které jsou napájeny z transformátoru T101 110/10 kV. Základní parametry transformátorů jsou uvedeny v tabulce 22.

**Tabulka 22** Transformátory v rozvodně Paskov a jejich zatížení

Rozvodna	Označení	Spojení vinutí	S <sub>inst</sub>	U <sub>2</sub>	I <sub>2MAX</sub>	I <sub>2</sub>	I <sub>TSF</sub>
			(MVA)	(kV)	(A)	(A)	(%)
<b>Paskov</b>	T101	YNyn0/d	40	10,5	2199	338	15,4
	T102	YNyn0/d1	40	23,0	1004	647	64,4

Ze schematického zakreslení sítí vn (viz. příloha č.5) je patrné, že rozvodnu lze propojit prostřednictvím následujících vedení

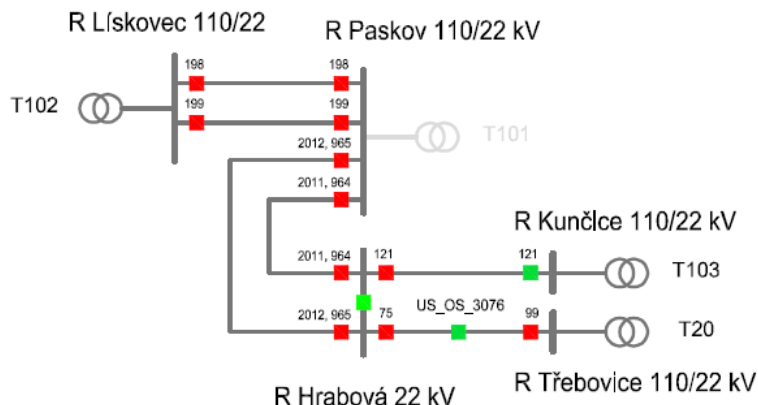
- vn č.198, 199 s rozvodnou Lískovec.
- vn č.964, 965, 2011, 2012 s rozvodnou Hrabová, kterou lze propojit vedením vn č.121 s rozvodnou Kunčice a vedením vn č.75 s rozvodnou Třebovice.

Ve své technické podstatě jsou vývody vn č.198 a 199 v rozvodně Lískovec uzpůsobeny pro možnost napájení rozvodny Paskov pro případ výpadku transformátoru T102. Nadproudové ochrany typu 7SJ600, které jsou instalovány na obou vývodech v Lískovci a Paskově, vypínají při hodnotě nadproudu větším než 540 A. Časové odstupňování ochrany je provedeno ve směru od rozvodny Lískovec. V následující tabulce je uvedena konfigurace sítě s hodnotami odebíraného proudového zatížení jednotlivými vývody a zapojení vývodů na přípojnícový systém v rozvodně.

**Tabulka 23** Tabulka výchozího stavu rozvodny PASK 22 kV

Vedení	Přípojnice	Stav vývodu	Typ nadproudové ochrany	Proud ochrany	Časové nastavení ochrany	Proud. zatížení vývodu	Lze propojit s rozvodnou
VN	(-)	(-)	(-)	(A)	(s)	(A)	(-)
<b>T1</b>	W21	zapnut	AT31X (5)	340	1,6	14	-
<b>T2</b>	W21	zapnut	AT31X (5)	340	1,6	29	-
<b>Prádlo 1</b>	W21	zapnut	AT31X (5)	480	1,6	135	-
<b>Prádlo 2</b>	W21	zapnut	AT31X (5)	480	1,6	0	-
<b>198</b>	W22	vypnut	AT31X1 (5/10)	540	1,8	0	Lískovec
<b>199</b>	W22	vypnut	AT31X1 (5/10)	540	1,8	0	Lískovec
<b>964</b>	W22	zapnut	AT31X (5)	360	1,5	117	Hrabová (Kunčice)
<b>965</b>	W22	zapnut	AT31X (5)	240	1,5	113	Hrabová (Třebovice)
<b>2011</b>	W22	zapnut	AT31X (5)	240	1,5	117	Hrabová (Kunčice)
<b>2012</b>	W22	zapnut	AT31X (5)	240	1,5	122	Hrabová (Třebovice)

### 6.1.2.1. Zálohování rozvodny PASK 22 kV z rozvodny Lískovec (Varianta 1)



**Obrázek 27** Schematické znázornění napájení rozvodny PASK 22 kV pro variantu 1

Nejjednodušší a časově nejméně náročné, při stávající konfiguraci sítě, je zapnout vývody vedení vn č.198 a 199 v rozvodně Lískovec. Celý výkon dodávaný transformátorem T102 v rozvodně Paskov představuje hodnotu proudového zatížení 647 A podle hodnot zatížení jednotlivých vývodů. Toto zatížení se převede na transformátor T101 do rozvodny Lískovec. Při zapnutí inkriminovaných vedení však dojde k přetížení transformátoru v Lískovci. Zatížení vzroste na 107 %. Transformátor bude trvale přetěžován a v nejbližší době dojde k jeho odstavení vlivem zareagování ochrany nebo vlivem poruchy, což by mohlo způsobit další škody. Proto je výkon dodávaný z rozvodny Lískovec do Paskova nutné rovnoměrně přerozdělit na oba transformátory.

Při zajištění napájení odběrů z rozvodny PASK dojde v rozvodně k těmto manipulacím

1. Vývod vn č.199 bude v rozvodně Lískovec přemanimulován na přípojnici W12 (napájí transformátor T102 v LIS\_) a v rozvodně Paskov na přípojnici W12. Hodnota dodávaného výkonu vyjádřená v ampérech tímto vedením bude 368 A.
2. Vývod vn č.198 v rozvodně Lískovec bude zapnut na přípojnici W22, která je napájena z transformátoru T101. V rozvodně Paskov bude vedení zapnuto na přípojnici W22, na kterou jsou soustředěny vývody vn Prádlo 1, Prádlo 2, T1 a T2. Současně budou na tuto přípojnici přemanimulována paralelní vedení vn č.964 a 2011. Tato vedení jsou zaústěna do rozvodny Hrabová, kde napájí níže uvedenou skupinu vývodů.
3. V rozvodně Hrabová bude rozepnuta podélná spojka, čímž dojde k rozdělení přípojníc na dvě samostatné části. Na přípojnici W11 budou zapnuta vedení vn č.121, 964, 2011, 2040, 2041 a 2044 s celkovou hodnotou odebíraného proudového zatížení 210 A, které bude dodáváno paralelním vedením vn č.964 a 2011. Na přípojnici W22 budou zapnuta vedení vn č.75, 965, 2012, 2042, 2043 a 2045 s celkovou hodnotou odebíraného proudového zatížení 368 A

Vedení vn č.75 a 121 lze napájet z okolních rozvodů. Počet manipulací v rozvodnách je minimální a jejich výčet je přehledněji uveden v tabulkách 24 a 25. V tabulce 26 je pak uveden přehled zatížení transformátorů v okolních rozvodnách, které budou napájet rozvodnu PASK při jejím výpadku.



**Tabulka 24** Tabulka manipulací v rozvodně PASK 22 kV

	Stávající stav						Varianta 1		
Vedení	Přípojnice	Stav vývodu	Typ nadproudové ochrany	Proud ochrany	Časové nastavení ochrany	Proud. zatížení vývodu	Přípojnice	Stav vývodu	Proud. zatížení vývodu
VN	(-)	(-)	(-)	(s)	(A)	(A)	(-)	(-)	(A)
198	zapnut	W22	AT31X1 (5/10)	540	1,8	0	W22	zapnut	-388
199	zapnut	W22	AT31X1 (5/10)	540	1,8	0	W12	zapnut	-368
964	zapnut	W22	AT31X (5)	360	1,5	117	W22	zapnut	105
965	zapnut	W22	AT31X (5)	240	1,5	113	W12	zapnut	184
2011	zapnut	W22	AT31X (5)	240	1,5	117	W22	zapnut	105
2012	zapnut	W22	AT31X (5)	240	1,5	122	W12	zapnut	184

**Tabulka 25** Tabulka manipulací v okolních rozvodnách

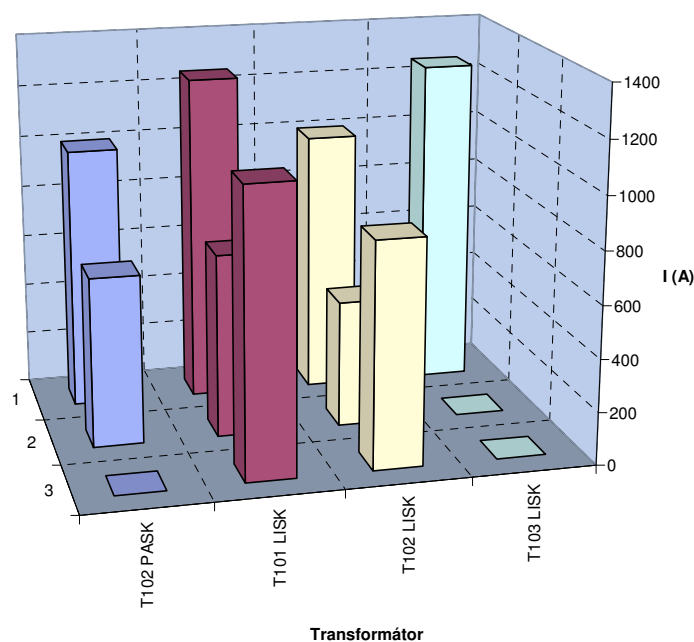
Rozvodna	Vedení	Proud ochrany	Časové nastavení ochrany	Proud. zatížení vývodu	Manipulace
		(A)	(s)	(A)	
Lískovec	198	540	2	393	Zapnutí na přípojnici W22.
	199	540	2	371	Zapnutí na přípojnici W12.
Hrabová	Přípojnice W11, W12	-	-	-	Rozepnout podélnou spojku SP

Rozdíl v hodnotách proudového zatížení vývodů vn č.198 a 199 v rozvodně Lískovec a v rozvodně Paskov odpovídá ztrátám ve vedení.

**Tabulka 26** Tabulka zatížení transformátorů v okolních rozvodnách

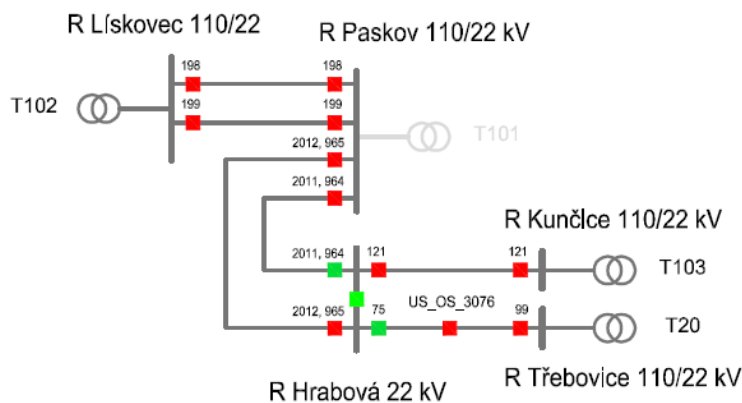
	Stávající stav							Varianta 1		
Rozvodna	Označení	Stav / přípojnice	S <sub>inst</sub>	U <sub>2</sub>	I <sub>2MAX</sub>	I <sub>2</sub>	I <sub>TSF</sub>	U <sub>2</sub>	I <sub>2</sub>	I <sub>TSF</sub>
			(MVA)	(kV)	(A)	(A)	(%)	(kV)	(A)	(%)
Paskov	T102	zap / W21	40	23,0	1004	647	64,4	0,0	0	0,0
Lískovec	T101	zap / W21	50	23,0	1255	700	55,8	23,0	1085	86,5
	T102	zap / W11	40	23,0	1004	484	48,2	23,0	856	85,3
	T103	zap / W21	50	23,0	1260	0	0,0	23,0	0	0,0

Touto variantou bylo dokázáno, že při maximálních hodnotách odebíraného výkonu na jednotlivých vývodech, lze celý výkon dodávaný rozvodnou Paskov do sítě vn 22 kV dodat z rozvodny Lískovec. Podmínkou však je rozdělení zálohovaného výkonu v rozvodně Lískovec rovnoměrně na oba transformátory, jak je patrné z obrázku 28. Při navrhované variantě je dodržena selektivita elektrických ochrany, které jsou instalovány na vedení, jež havarijně napájejí rozvodnu Paskov a dále rozvodnu Hrabová.



**Obrázek 28** Grafické znázornění zatížení transformátorů v okolních rozvodnách

#### 6.1.2.2. *Napájení rozvodny PASK 22 kV z rozvodny Lískovec (Varianta 2)*



**Obrázek 29** Schematické znázornění napájení rozvodny Paskov 22 kV pro variantu 2

Tato alternativa náhradního napájení vychází z předcházející varianty. Doplnující myšlenkou je odlehčit transformátor T102 v Lískovci převedením části odebíraného zatížení z rozvodny Hrabová do rozvodny Kunčice. Tuto variantu lze realizovat po rozeptnutí podélné spojky přípojníc v rozvodně Hrabová. Pro zajištění napájení jsou manipulace stejné jako ve variantě 1 s doplnění následujícího

- v rozvodně Hrabová budou vypnuta vedení vn č.964, 2011 a bude rozeptána podélná spojka přípojníc
- vývod vn č.121 bude zapnut. V rozvodně Kunčice vzroste hodnota odebíraného proudového zatížení vývodu na 136 A.

- vývod vn č.75 v rozvodně Hrabová bude vypnut. Zapnutím úsekového odpínače US\_OS\_3076 na vedení vn č.75 bude odebíraný výkon z tohoto vývodu dodáván z rozvodny Třebovice.

Část rozvodny Hrabová bude napájena vedením vn č.121 z Kunčic. Druhá část rozvodny bude napájena prostřednictvím dvou paralelně zapnutých vedení vn č. 965 a č. 2012, které jsou napájeny z rozvodny Lískovec. Hodnota proudového zatížení těmito vedeními bude při úvaze vedení se stejnými parametry 2 x 136 A. Vedení vn č.965 a 2012 bude v rozvodně Paskov zapnuto na přípojnici W12. Na tuto přípojnici bude zapnuto napájecí vedení vn č.199 z rozvodny Lískovec. Hodnota odebíraného proudového zatížení z tohoto vývodu bude 275 A.

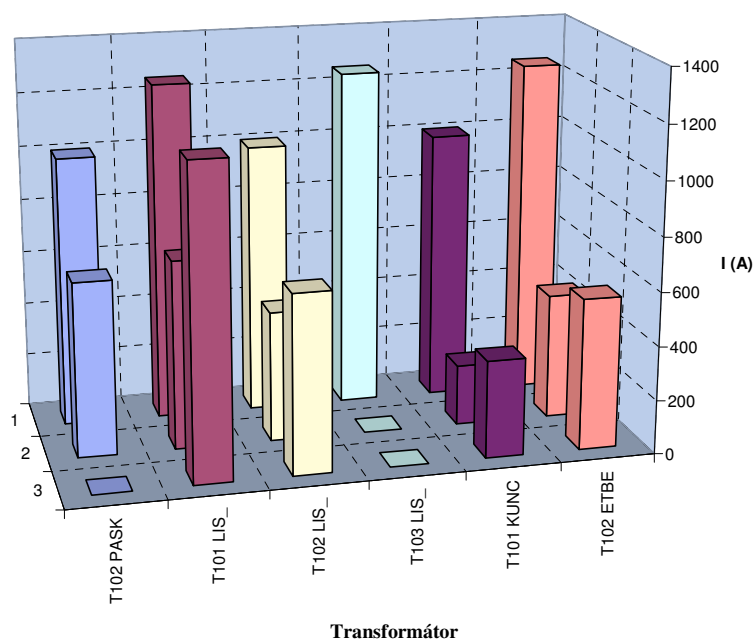
Stávající konfigurace zapojení vývodů jednotlivých vedení vn Prádlo 1, Prádlo 2, DPB bude ponechána. Přípojnice W21 respektive W22 bude napájena prostřednictvím vedení vn č.198 z rozvodny Lískovec. Celkové odebírané proudové zatížení z rozvodny Lískovec bude 455 A.

**Tabulka 27** Tabulka zatížení transformátorů v okolních rozvodnách

	<i>Stávající stav</i>							<i>Varianta 2</i>		
<i>Rozvodna</i>	Označení	Stav / přípojnice	$S_{inst}$	$U_2$	$I_{2MAX}$	$I_2$	$I_{TSF}$	$U_2$	$I_2$	$I_{TSF}$
			[MVA]	[kV]	[A]	[A]	[%]	[kV]	[A]	[%]
<b>Kunčice</b>	T101	zap / W21	40	23,0	1005	225	22,4	23,0	361	35,9
	T103	zap / W11	50	23,0	1255	885	70,5	23,0	885	70,5
	T105	vyp / W11	50	23,0	1255	0	0,0	23,0	0	0,0
<b>Lískovec</b>	T101	zap / W21	50	23,0	1255	700	55,8	23,0	975	77,7
	T102	zap / W11	50	23,0	1004	484	48,2	23,0	662	65,9
	T103	vyp / W21	50	23,0	1260	0	0,0	23,0	0	0,0
<b>Paskov</b>	T102	zap / W21	40	23,0	1004	647	64,4	0	0	0,0
<b>Třebovice</b>	T20	zap / W13	50	23,0	1255	466	37,1	23,0	561	44,7
	T21	zap / W23	50	23,0	1255	589	46,9	23,0	589	46,9
	T26	zap / W22	50	23,0	1004	0	0,0	23,0	0	0,0

Navržená varianta zálohování rozvodny PASK vyhovuje podmínkám plné selektivity elektrických ochran. Tato varianta je značně náročná na počet manipulací.

Závěrem je, že rozvodnu PASK 22 kV lze stoprocentně zálohovat. Přednostně bude doporučena varianta 1 pro svůj nízký počet manipulací. Zatížení transformátorů je vyšší než u varianty 2, ale nedosahuje takových hodnot, aby docházelo k přetížení těchto transformátorů a jejich výpadkům.



**Obrázek 30** Grafické znázornění zatížení transformátorů v okolních rozvodnách

### 6.1.3. Rozvodna Paskov – část vn 10 kV

Síť vn 10 kV je koncipována jako zauzlená kabelová síť. Provozována je ale s rozpojenými vedeními jako paprsková. Rozvodnu PASK lze propojit dálkově ovládanými odpínači, instalovanými ve vybraných distribučních trafostanicích, pouze s rozvodnou Výškovice (dále jen VYSC), z čehož vyplývá i jediná možnost zálohování této rozvodny.

Odebíraná hodnota proudového zatížení z 10 kV části rozvodny PASK činí přibližně 338 A. Rozvodna VYSC a přehled konfigurace jejího zapojení je uveden v kapitole 7.2. V rozvodně VYSC je odebírán ze sekundáru transformátoru T102 proud 707 A a rozvodna PASK při výpadku představuje další zvýšení proudového zatížení sekundáru v hodnotě 338 A.

Provedením jednoduché výkonové bilance podle vztahu 7.1 lze zjistit, že při výpadku PASK 10 kV může rozvodna VYSC zálohovat rozvodnu PASK, aniž by došlo k přetížení napájecího transformátoru T102 v rozvodně VYSC.

$$I_{VYSC} + I_{PASK} \leq I_{2MAX \ VYSC} \quad (6.1)$$

$I_{VYSC}$  Suma odebíraného proudového zatížení v rozvodně VYSC

$I_{PASK}$  Suma odebíraného proudového zatížení v rozvodně PASK

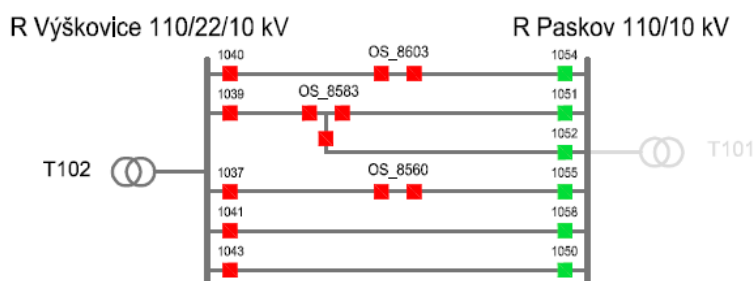
$I_{2MAX \ VYSC}$  Suma odebíraného proudového zatížení v rozvodně VYSC

Touto úvahou vzniká několik možných kombinací rekonfigurace sítě 10 kV. Vývody a vedení mezi sebou lze v podstatě libovolně kombinovat. Limitním faktorem je proudová zatížitelnost kabelu, která je kontrolována nastavenou hodnotou nadproudové spouště ochran a zachování paprskové sítě. Konfigurace stávajícího stavu je uvedena v následující tabulce.

**Tabulka 28** Tabulka výchozího stavu rozvodny PASK 10 kV

<i>Vedení</i>	<i>Přípojnice</i>	<i>Stav vývodu</i>	<i>Typ nadproudové ochrany</i>	<i>Proud ochrany</i>	<i>Časové nastavení ochrany</i>	<i>Proud. zatížení vývodu</i>	<i>Lze propojit s rozvodnou</i>
VN	(-)	(-)	(-)	(A)	(s)	(A)	(-)
1050	W1	zapnut	SPAJ140C/P	360	1,0	88	Výškovice
1051	W1	zapnut	SPAJ140C/P	360	1,0	38	Výškovice
1052	W1	zapnut	SPAJ140C/P	360	1,0	55	Výškovice
1053	W1	zapnut	SPAJ140C/P	360	1,0	46	Výškovice
1054	W1	zapnut	SPAJ140C/P	280	1,0	54	Výškovice
1055	W1	zapnut	SPAJ140C/P	280	1,0	57	Výškovice

### 6.1.3.1. Zálohování rozvodny PASK 10 kV z rozvodny VYSC



**Obrázek 31** Schematické znázornění napájení rozvodny PASK 10 kV

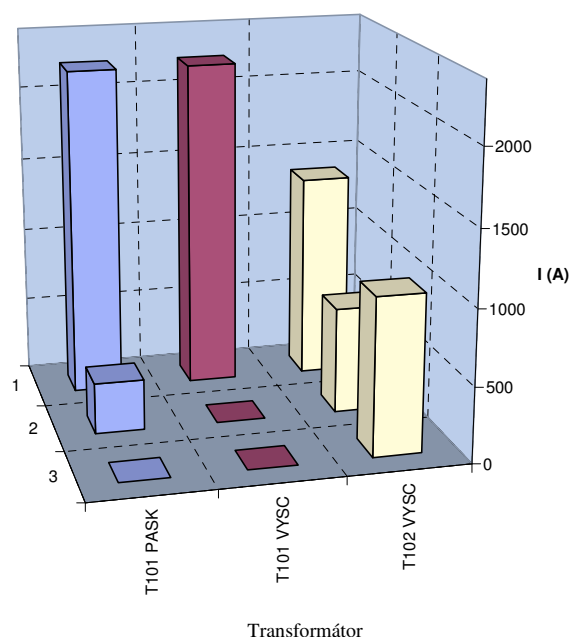
Součtem hodnot proudového zatížení všech vývodů v rozvodně PASK a porovnáním s velikostí vybavovacího nadproudu nastaveného na ochraně je patrné, že celý výkon nelze přenést po jednom z několika vedení, které propojují obě rozvodny. Paralelní provoz kabelů nelze rovněž uvažovat, neboť vedení mají sice stejné materiálové parametry, ale liší se v délce, velikostech dílčích odběrů a v hodnotách nastavených na ochranách. Přehled manipulací v DTS a manipulací v rozvodně VYSC je uveden v následujících tabulkách. V tabulce 30 je uvedeno srovnání zatížení transformátorů v rozvodně VYSC při zálohování rozvodny PASK 10 kV. V příloze č. 11 je uvedeno schéma stávající konfigurace sítě 10 kV, které je výchozím schématem i pro havarijní napájení rozvodny Výškovice. V následující příloze je pak uvedena varianta havarijního napájení při výpadku transformátoru 110/10 kV v rozvodně PASK. V rozvodně VYSC budou zapnuty vývody vn č. 1035, 1037, 1038, 1039, 1040, 1041, 1042, 1043 a 1044.

**Tabulka 29** Tabulka manipulací v DTS s dálkově ovládanými prvky

<i>DTS</i>	<i>Vedení z rozvodny Výškovice</i>	<i>Proud ochrany</i>	<i>Časové nastavení ochrany</i>	<i>Proud. zatížení vývodu</i>	<i>Manipulace</i>
		(A)	(s)	(A)	
OS_8603	1040	300	0,8	140	Zapnout všechny vývody.
OS_8583	1039	300	0,8	93	Zapnout všechny vývody.
OS_8560	1037	300	0,8	103	Zapnout všechny vývody.

**Tabulka 30** Tabulka zatížení transformátorů v okolních rozvodnách

	<i>Stávající stav</i>							<i>Varianta 1</i>		
Rozvodna	Označení	Stav / přípojnice	$S_{inst}$	$U_2$	$I_{2MAX}$	$I_{2MAX}$	$I_{TSF}$	$U_2$	$I_2$	$I_{TSF}$
			(MVA)	(kV)	(A)	(A)	(%)	(kV)	(A)	(%)
<b>Paskov</b>	T101	zap / W1	40	10,5	2199	338	15,4	0	0	0,0
<b>Výškovice</b>	T101	zap / W11	40	10,5	2199	0	0,00	10,5	0	0,0
	T102	zap / W12	25	10,5	1374	707	51,5	10,5	1045	76,1

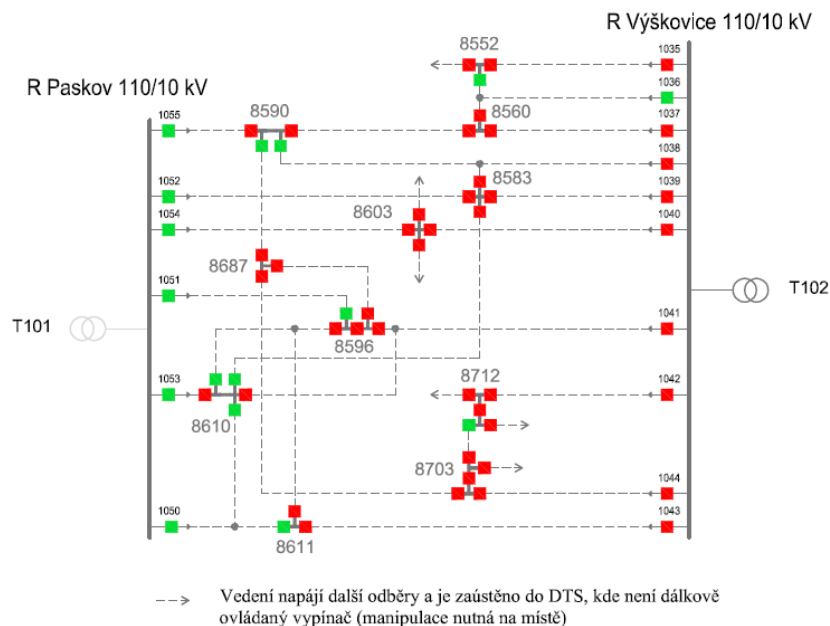


**Obrázek 32** Grafické znázornění zatížení transformátorů v okolních rozvodnách

Rozvodnu PASK 10 kV lze rovněž plně zálohovat. Možné využití alespoň části výše uvedeného návrhu zálohování se bude odvíjet od konfigurace sítě vn 10 kV v době výpadku vedení 110 kV nebo transformátoru T101 v rozvodně Paskov. Vhodné bude vypnutí všech vývodů v rozvodně Paskov a následná manipulace v síti. Tím nemůže dojít k přetížení jednoho vedení, které by tvořilo napájecí vedení rozvodny Paskov 10 kV. Proudovou a časovou selektivitou ochran rovněž není nutné se zabývat, neboť vedení bude jištěno v rozvodně Výškovice na každém kabelovém vývodu a ukončeno posledním odběrem v DTS.

Na obrázku 33 na následující straně je uvedena konfigurace sítě při havarijním zálohování rozvodny Paskov s vyznačením distribučních stanic v nichž byla provedena manipulace.

Syntézou dílčích variant lze závěrem konstatovat, že rozvodna PASK je plně zálohovatelná prostřednictvím sítě vn.



**Obrázek 33** Schématické znázornění napájení rozvodny PASK z rozvodny VYSC s vyznačením DTS, v nichž lze provádět manipulace

## 7. Výpadek sítě 110 kV napájející rozvodny MART, OVRU, VYSC, ETBE a OVET

Rozvodny Martinov, Ostrava-Rudná, Teplárna Ostrava, Třebovice a další jsou napájeny z transformátoru T401 z rozvodny Nošovice.

Při poruše a odpojení transformátoru T401 v rozvodně Nošovice dojde k beznapětovému stavu převážné části elektrizační soustavy 110 kV v ostravské aglomeraci. Zajištění obnovení dodávky se bude dít na základě dispečerského rozhodování. Je nutné odebrat výkon přerozdělit alespoň na dvě uzlové oblasti tak, aby nedošlo k přetížení transformátorů 400/110 kV. Oblast odebrá hodnotu výkonu přibližně 110 MW. Hodnota vyrobeného výkonu v oblasti napájené transformátorem T410 z rozvodny Nošovice je 150 MW z celkového instalovaného výkonu 332 MW. Většina výrobních zařízení se vlivem poruchy automaticky odstaví. Do soustavy přispívají zdroje elektrické energie přes přípojnice 110 kV těchto rozveden: Vítkov, Odry, Studénka ČD, ETBE, Vítkovice 1, OVET, Nová Huť 1, Nový Jičín a Hranice. Přebytek výkonu je dodáván do PS právě přes transformátor T401 v rozvodně Nošovice. V následujícím je uvažována celá oblast bez výroby.

Jednou z alternativ přerozdělení výkonu při výpadku transformátoru T401 v rozvodně Nošovice pak je

- dodávání výkonu odebraného z rozvodny Martinov, přibližně 14,5 MW, z uzlové oblasti Horní Životice. Toho se dosáhne vypnutím vedení V681 v rozvodně ETBE a zapnutím vedení V683 v rozvodně MART.
- dodávání výkonu odebraného z rozveden Odry, Vítkov, Hranice, Nový Jičín, Suchdol ČD a Studénka ČD z uzlové oblasti Prosenice. Vedení vvn V651 a V652 budou v rozvodně ETBE

vypnuta a pomocí sepnuté spojky přípojnic v rozvodně Hranice bude do těchto rozveden obnovena dodávka elektrické energie.

- dodávání výkonu odebíraného ze zbylých rozveden, mezi kterými jsou ETBE, OVET, OVRU a VYSC, z uzlové oblasti Nošovice z transformátor T402.

V následující tabulce je uvedena výkonová bilance transformátorů v rozvodnách 400/110 kV a 220/110 kV při stávající konfiguraci stě 110 kV – stávající stav a při poruše transformátoru T401 – havarijný stav.

**Tabulka 31** Tabulka bilancí výkonů v uzlových oblastech Nošovice, Prosenice a Horní Životice

<i>Uzlová oblast</i>			<i>Stávající stav</i>			<i>Havarijný stav</i>		
Rozvodna	Označení	$S_{inst}$ (MVA)	$P_2$ (MW)	$Q_2$ (Mvar)	$S_{TSF}$ (%)	$P_2$ (MW)	$Q_2$ (Mvar)	$S_{TSF}$ (%)
<b>Nošovice</b>	T401	250	108,9	21,1	44,4	0,0	0,0	0,0
	T402	250	76,6	8,7	30,9	238,9	95,8	103,0
<b>Prosenice</b>	T201	200	116,0	25,7	59,4	144,7	35,0	74,4
	T202	200	117,3	26,0	60,1	146,3	35,4	75,3
<b>Horní Životice</b>	T401	250	92,9	23,3	38,3	97,0	24,6	40,0
	T402	250	95,3	34,1	40,5	107,3	35,4	45,2

Při současné poruše několika prvků v uzlových rozvodnách může nastat situace, kdy na přípojnice 110 kV nebude možné dodat dostačující výkon pro napájení odběratelů z těchto rozveden. Při takovém výkonovém deficitu lze provést zajištění napájení postižených rozveden prostřednictvím sítí vn za využití okolních rozveden vvn/vn a vn, které nebyly výpadkem prvku PS nikterak omezeny.

### 7.1. Rozvodna Martinov (MART)

Rozvodna Martinov je elektrickou stanicí 110/10 kV. Rozvodna je smyčkována vedeními vvn V683, napájeným z rozvodny Hoštice, a vedením V681 zaústěným do rozvodny Třebovice. Přípojnice rozvodny jsou zapojeny do čtyřúhelníku s vývody na dva transformátory T101 a T102.

Síť 10 kV napájená z této rozvodny tvoří ostrov v dané lokalitě, protože ji nelze propojit s jinými rozvodnami, kde by bylo možné zajistit zálohování dodávaného výkonu. Vedení V1001 až V1004 slouží jako napájecí vedení pro rozvodnu Poruba B 10 kV. Ta není napájecím bodem soustavy. Při výpadku nadřazené sítě 110 kV v Martinově dojde k výpadku převážné části odběratelů v městském obvodu Ostrava – Poruba.

V případě výpadku sítě 110 kV je nutné rozvodnu přepojit do jiné uzlové oblasti tak, aby byla zajištěna dodávka elektrické energie pro odběry 10 kV v dané oblasti.

**Tabulka 32** Tabulka zatížení transformátorů v rozvodně Martinov

Rozvodna	Označení	Spojení vinutí	$S_{inst}$	$U_2$	$I_{2MAX}$	$I_2$	$I_{TSF}$
			(MVA)	(kV)	(A)	(A)	(%)
<b>Martinov</b>	T101	YNyn0yn0/d	40	10,5	2199	720	32,7
	T102	YNyn0yn0/d	40	10,5	2199	0	0,0



## 7.2. Rozvodna Ostrava – Rudná (OVRU)

### 7.2.1. Rozvodna Rudná – část vvn 110 kV

Rozvodna Rudná je elektrickou stanicí 110/22/10 kV. Část rozvodny 110 kV je koncipována v H provedení. Na vývodech rozvodny jsou instalovány dva trojvinutové transformátory, označené T101 a T102 s parametry uvedenými v tabulce 33. Terciální vinutí je určeno pro napájení rozvody 10 kV.

Rozvodna může být napájena ze dvou stran a to prostřednictvím vedení V640 z rozvodny Kunčice nebo vedením V648 z rozvodny Elektrárna Třebovice.

### 7.2.2. Rozvodna Rudná – část 22 kV

Přípojnice v části rozvodny 22 kV jsou provedeny pomocí dvojitého systému přípojníc s jednou přípojnící pomocnou a označeny W1 a W2. Přípojnice jsou propojitelné pomocí příčných spojek. Vývod transformátoru T101 o výkonu 40 MVA je zapnut na přípojnici W2. Druhý transformátor napájí z terciálního vinutí rozvodu 10 kV.

Výkon vyjádřený v ampérech odebíraný z rozvodny, respektive z transformátoru T101 odpovídá hodnotě 200 A.

**Tabulka 33** Transformátory v rozvodně Rudná a jejich zatížení pro 22 kV

Rozvodna	Označení	Spojení vinutí	$S_{inst}$	$U_2$	$U_3$	$I_{2MAX}$	$I_{3MAX}$	$I_3$	$I_2$	$I_{TSF}$
			(MVA)	(kV)	(kV)	(A)	(A)	(A)	(A)	(%)
<b>Rudná</b>	T101	YNyn0yn0/d	40	23,0	10,5	1004	1375	0	200	19,92
	T102	YNyn0yn0/d	40	23,0	10,5	1004	1375	298	0	29,68

Stávající stav rozvodny OVRU je uveden v následující tabulce 31 (pro část 22 kV) a 32 (pro část 10 kV).

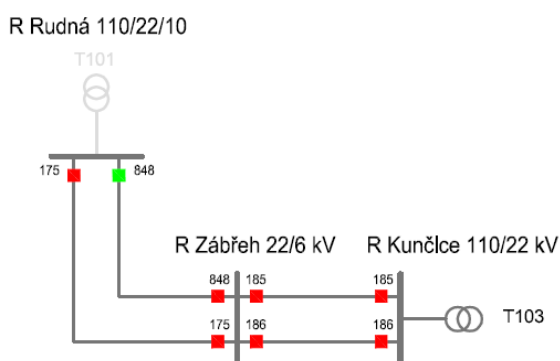
**Tabulka 34** Tabulka výchozího stavu rozvodny Rudná 22 kV

Vedení	Přípojnice	Stav vývodu	Typ nadproudové ochrany	Proud ochrany	Časové nastavení ochrany	Proud. zatížení vývodu	Lze propojit s rozvodnou
VN	(-)	(-)	(-)	(A)	(s)	(A)	(-)
<b>175</b>	W2	vypnut	7SJ621	420	0,6	0	Zábřeh
<b>848</b>	W2	vypnut	7SJ621	420	0,6	0	Zábřeh
<b>1857</b>	W2	zapnut	7SJ621	400	0,2	24	Třebovice
<b>1858</b>	W2	zapnut	7SJ621	400	0,2	61	-
<b>2060</b>	W2	zapnut	7SJ621	350	0,3	52	Mariánské Hory
<b>2061</b>	W2	zapnut	7SJ621	350	0,3	63	-
<b>2062</b>	W2	vypnut	7SJ621	350	0,3	0	-
<b>2063</b>	W2	vypnut	7SJ621	350	0,3	0	-
<b>2064</b>	W2	vypnut	7SJ621	350	0,3	0	-

### 7.2.2.1. Popis navržených variant

V tabulce 34 jsou definovány cesty, kterými lze napájet rozvodnu Ostrava Rudná při výpadku prvku napájecí sítě 110 kV. Za nejjednodušší variantu lze označit zapnutí vedení vn č.175 nebo 848, čímž bude rozvodna zálohována z rozvodny Kunčice. Analýza je provedena ve variantě 1. Druhou možnou alternativou je převedení odebíraného zatížení do rozvodny Třebovice prostřednictvím vedení vn č.1857. Třetí alternativou je zálohování rozvodny pomocí vedení vn č.2060 ze spínací stanice Mariánské Hory. To je možné pouze za změny konfigurace zapojení této rozvodny. Délka manipulací a počet omezených zákazníků by ve srovnání s variantou 1 razantně vzrostl, proto tato varianta je doporučena pouze v krajním případě při vyčerpání všech možností zálohování rozvodny Rudná.

### 7.2.2.2. Zálohování rozvodny OVRU z rozvoden Zábřeh a KUNC (Varianta 1)



**Obrázek 34** Schematické znázornění napájení rozvodny OVRU z rozvoden KUNC a Zábřeh

Zapnutím vedení vn č.175 na přípojnici W1 v rozvodně OVRU bude odebíraný výkon v této rozvodně dodáván prostřednictvím vedení vn č.175 ze spínací stanice Zábřeh, kde je vedení zapojeno na přípojnici W1 společně s vedeními vn č.849 a 185. Dalších manipulací není třeba, neboť poté je rozvodna Zábřeh napájena z rozvodny KUNC z transformátoru T103. Na inkriminovaném vývodu vn č.185 v rozvodně KUNC vzroste hodnota odebíraného proudového zatížení na hodnotu 250 A, což představuje přibližně polovinu zatížitelnosti tohoto vedení.

**Tabulka 35** Tabulka manipulací v rozvodnách

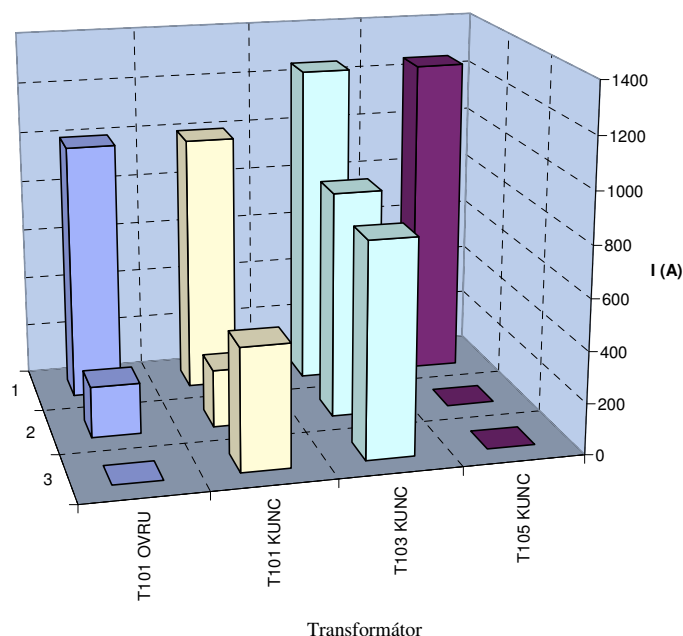
Rozvodna	Vedení	Proud ochrany	Časové nastavení ochrany	Proud. zatížení vývodu	Manipulace
		(A)	(s)	(A)	
<b>Rudná</b>	175	420	0,6	-200	Zapnutí na přípojnici W1.
<b>Kunčice</b>	185	480	2,1	250	Zapnutí na přípojnici W21.

Výhodou této varianty je možnost manipulace v zapojení vedení vn č.185 na přípojnice podle aktuálního zatížení transformátorů v rozvodně KUNC, které se může měnit podle aktuálních dispozic. Při manipulacích podle výše uvedeného bude transformátor T103 v rozvodně KUNC zatížen na 82 % svého jmenovitého výkonu. Druhý napájecí transformátor T101 v rozvodně KUNC je zatížen méně, proto se doporučuje vedení přemanimulovat na přípojnici W21. Tím se transformátor T101 zatíží na

47,3 %, což je příznivější jak z hlediska hospodárného zatížení tak z hlediska velikosti výkonové rezervy.

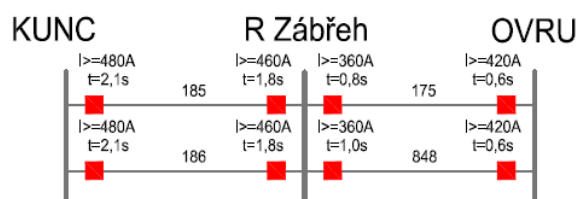
**Tabulka 36** Zatížení transformátorů v okolních rozvodnách

Rozvodna	Stávající stav							Varianta 1		
	Označení	Stav / přípojnice	$S_{inst}$	$U_2$	$I_{2MAX}$	$I_2$	$I_{TSF}$	$U_2$	$I_2$	$I_{TSF}$
			(MVA)	(kV)	(A)	(A)	(%)	(kV)	(A)	(%)
Rudná	T101	zap / W2	40	23,0	1004	200	19,9	0	0	0,0
	T102	vyp / W2	40	23,0	1004	0	0,00	0	0	0,0
Kunčice	T101	zap / W22	40	23,0	1005	225	22,4	23,0	475	47,3
	T103	zap / W11	50	23,0	1255	885	70,5	23,0	885	70,5
	T105	vyp / W11	50	23,0	1255	0	0,0	0	0	0,0



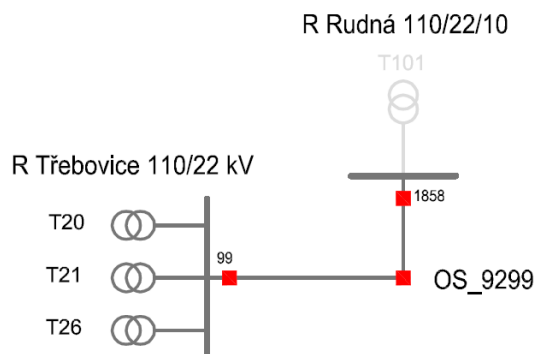
**Obrázek 35** Grafické znázornění zatížení transformátorů v okolních rozvodnách

Selektivita elektrických ochran není dodržena v rozvodně OVRU u vedení vn č.175 a 848.



**Obrázek 36** Schématické znázornění elektrických ochran v napájecí cestě rozvodny OVRU

### 7.2.2.3. Zálohování rozvodny OVRU z rozvodny ETBE (Varianta 2)



**Obrázek 37** Schematické znázornění napájení rozvodny OVRU z rozvodny ETBE

Nedodaný výkon, který je odebírán z rozvodny OVRU, v důsledku výpadku některého prvku lze do rozvodny OVRU dodat z rozvodny ETBE prostřednictvím zapnutí odpínačů v DTS OS\_9299 „Strip Mail“. Tím dojde k propojení vedení vn č.1858 a 99. Velikost odebíraného proudového zatížení vývodu vn č.99 v rozvodně Třebovice vzroste na hodnotu 244 A. Rezerva v případě zvýšení odebíraného zatížení v rozvodně OVRU je téměř dvojnásobná.

Proudové zatížení sekundární strany transformátoru T20, který napájí přípojnicí W11 v rozvodně ETBE vzroste na 666 A, což představuje zatížení 53 % vzhledem ke zdánlivému výkonu transformátoru. Popis manipulací ve stávající DTS je uveden v následující tabulce. Rozvodna ETBE je zde uvedena pro přehled navýšení odebíraného zatížení z ní.

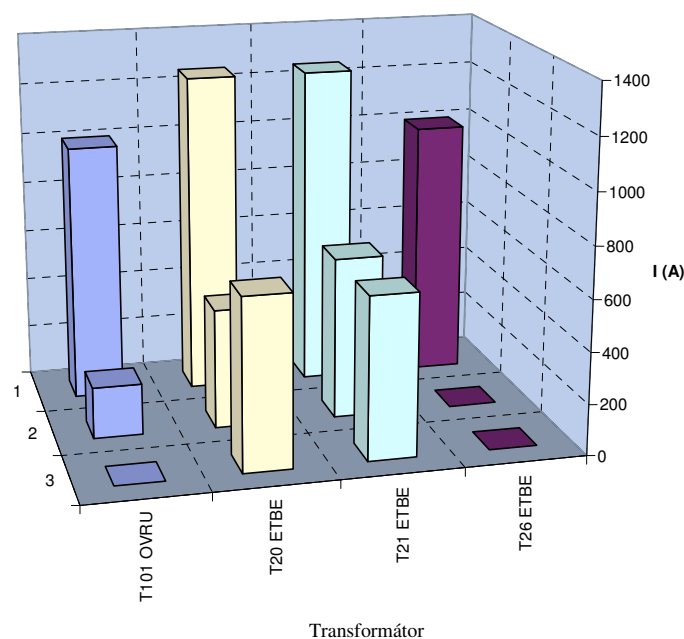
**Tabulka 37** Tabulka manipulací ve stávajících DTS a rozvodnách

Rozvodna nebo DTS	Vedení	Proud ochrany	Časové nastavení ochrany	Proud. zatížení vývodu	Manipulace
		(A)	(s)	(A)	
<b>OS_9299</b>	175 / 99	-	-	-	Zapnout vše.
<b>Třebovice</b>	99	400	1,4	244	-

**Tabulka 38** Zatížení transformátorů v rozvodně ETBE

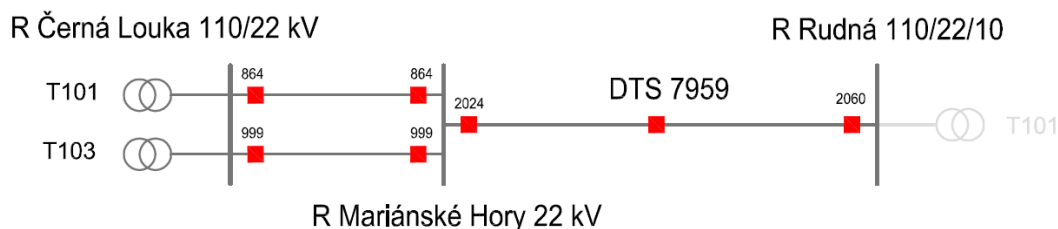
Rozvodna	Stávající stav							Varianta 2		
	Označení	Stav / přípojnice	S <sub>inst</sub>	U <sub>2</sub>	I <sub>2MAX</sub>	I <sub>2</sub>	I <sub>TSF</sub>	U <sub>2</sub>	I <sub>2</sub>	I <sub>TSF</sub>
			(MVA)	(kV)	(A)	(A)	(%)	(kV)	(A)	(%)
<b>Třebovice</b>	T20	zap / W11	50	23,0	1255	466	37,1	23,0	666	53,1
	T21	zap / W23	50	23,0	1255	632	50,4	23,0	632	50,4
	T26	vyp / W22	40	23,0	1004	0	0,00	0	0	0,0

Na obrázku 38 je uveden přehled zatížení transformátorů před a při havarijním zálohování rozvodny Rudná. Selektivita elektrických ochran je dodržena.



**Obrázek 38** Grafické znázornění zatížení transformátorů v okolních rozvodbách

#### 7.2.2.4. Zálohování rozvodny OVRU z rozvodu Mariánské Hory a CLOU (Varianta 3)



**Obrázek 39** Schematické znázornění napájení rozvodny Rudná z rozvodny Černá Louka

Konfigurace zapojení rozvodny Rudná se touto variantě nezmění. Vedení vn č.848 a 178 zůstanou vypnuta. Rozvodna bude napájena vedením vn č.2060 při zapnutí odpínačů vn v DTS 7959 tak, aby došlo k propojení tohoto vedení s vedením vn č.2024, které je napájeného z rozvodny Mariánské Hory. Hodnota proudového zatížení vývodu vn č.2024, který je v R Mariánské Hory zapojen na přípojnici W2, vzroste na 249 A.

Při stávající konfiguraci zapojení vývodů a přípojníc v rozvodně Mariánské Hory není možné rozvodnu OVRU napájet. Vlivem navýšení hodnoty proudového zatížení na vývodu vn č.2024 může dojít k vybavení ochrany na vývodu vedení vn č.999, které napájí přípojnice z rozvodny CLOU. Vedením by protékal proud 368 A, který by ochranami byl vyhodnocen jako poruchový stav. Vybavením ochrany by došlo i k výpadku části rozvodny Mariánské Hory a navržená varianta zálohování by pozbyla smysl. Proto dojde ke změně konfigurace zapojení vývodů v rozvodně Mariánské Hory. Vývod vn č.2025 a 2036 s celkovou hodnotou proudového zatížení 105 A bude

přemanipulován na přípojnici W1. Manipulacemi vzroste proudové zatížení u vedení vn č.864 na hodnotu 287 A a u vedení vn č.999 pak na hodnotu 304 A.

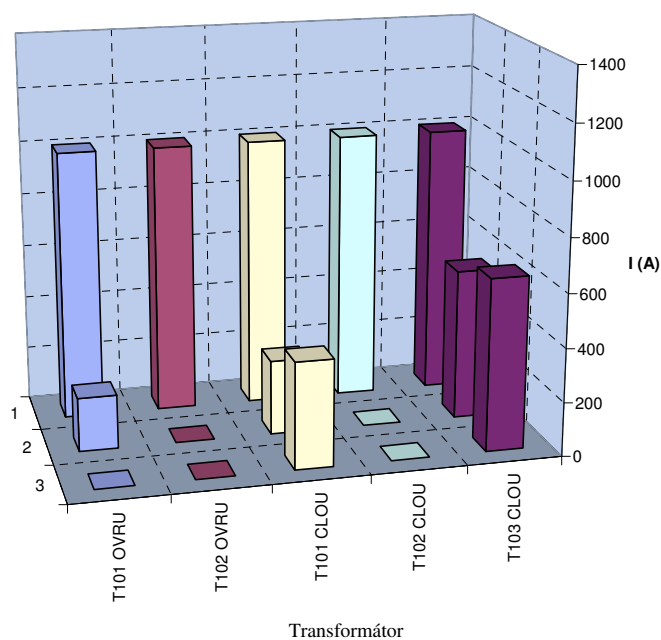
**Tabulka 39** Tabulka manipulací a změna zatížení vývodů v rozvodně Mariánské Hory

Rozvodna	Vedení	Proud ochrany	Časové nastavení ochrany	Proud vývodu před manip.	Proud vývodu po manip.	Manipulace
		(A)	(s)	(A)	(A)	
Mariánské Hory	2024	320	0,5	49	249	-
	2025	320	0,5	42	42	Zapnutí na přípojnici W1.
	2036	320	0,8	63	63	Zapnutí na přípojnici W1.
	864	340	1,3	-209	-287	-
	999	360	1,3	-186	-304	-

V následující tabulce je uvedeno srovnání zatížení transformátorů před a po vzniku popisované mimořádné situace.

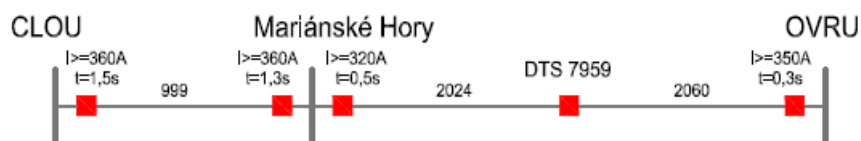
**Tabulka 40** Tabulka srovnání zatížení transformátorů v okolních rozvodnách

Rozvodna	Stávající stav							Varianta 3		
	Označení	Stav / přípojnice	$S_{inst}$	$U_2$	$I_{2MAX}$	$I_2$	$I_{TSF}$	$U_2$	$I_2$	$I_{TSF}$
			[MVA]	[kV]	[A]	[A]	[%]	[kV]	[A]	[%]
Černá Louka	T101	zap / W11	50	23	1005	278	27,66	23	396	39,40
	T102	vyp / W12	40	23	1004	0	0,00	0	0	0,00
	T103	zap / W12	40	23	1004	563	56,08	23	641	63,84



**Obrázek 40** Grafické znázornění zatížení transformátorů v okolních rozvodnách

Selektivita ochran také není zachována, v případě vzniku nadproudu nejdříve vybaví ochrana vývodu vn č.2024 v rozvodně Mariánské Hory. V tomto případě dojde k navýšení počtu omezených zákazníků postižených výpadkem o počet zákazníků napájených z tohoto vedení.



**Obrázek 41** Schématické znázornění elektrických ochran v napájecí cestě rozvodny OVRU

### 7.2.3. Rozvodna Rudná – část 10 kV

Rozvodna je provedena s dvojitým systémem přípojníc a pro zvýšení spolehlivosti dodávky je propojena příčným dělením. Přípojnice W11 a W12 jsou napájeny z terciárního vinutí transformátoru T102 s parametry uvedenými v tabulce 33. Pozice rozvodny a začlenění do kabelové sítě 10 kV umožňuje napájení této rozvodny pouze z rozvodny VYSC. Proto bude pospána pouze jedna z mnohých kombinací napájení, neboť výsledkem vždy bude nárůst proudového zatížení na sekundární straně transformátoru T102 v rozvodně VYSC.

Při havarijním napájení dojde k těmto manipulacím v rozvodnách a v kabelové síti.

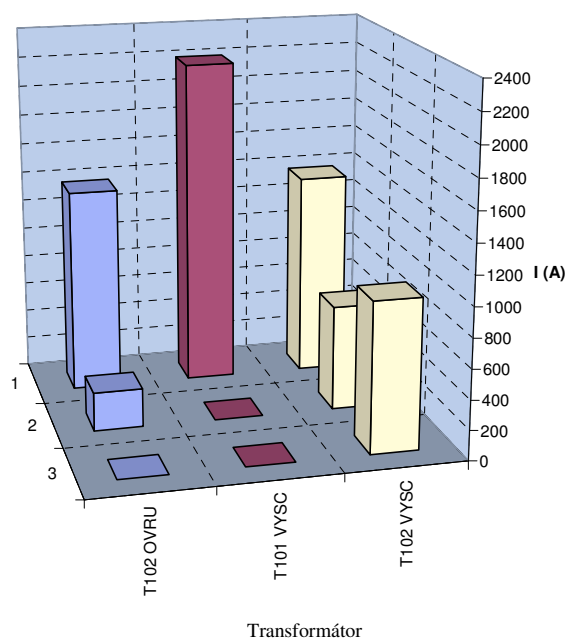
- V rozvodně OVRU bude rozeznuta příčná spojka přípojníc, a tím bude rozvodna rozdělena na dvě oddělené části.
- V rozvodně VYSC bude zapnut vývod vedení vn č.1026, který bude po sepnutí příslušných odpínačů v DTS 8532 napájet přípojnicí W11 rozvodny OVRU. Hodnota proudového zatížení odebíraného z vývodu vn č.1026 v rozvodně VYSC bude 198 A.
- V rozvodně VYSC bude zapnut vývod vn č.1028, který bude napájet přípojnicí W12 v rozvodně OVRU. Hodnota proudového zatížení odebíraného z vývodu vn č.1028 bude 100 A
- Konfigurace a zapojení ostatních vývodů v rozvodnách zůstane stejná jako ve výchozím stavu.

**Tabulka 41** Tabulka srovnání zatížení vývodů v rozvodně OVRU 10 kV před a po zálohování

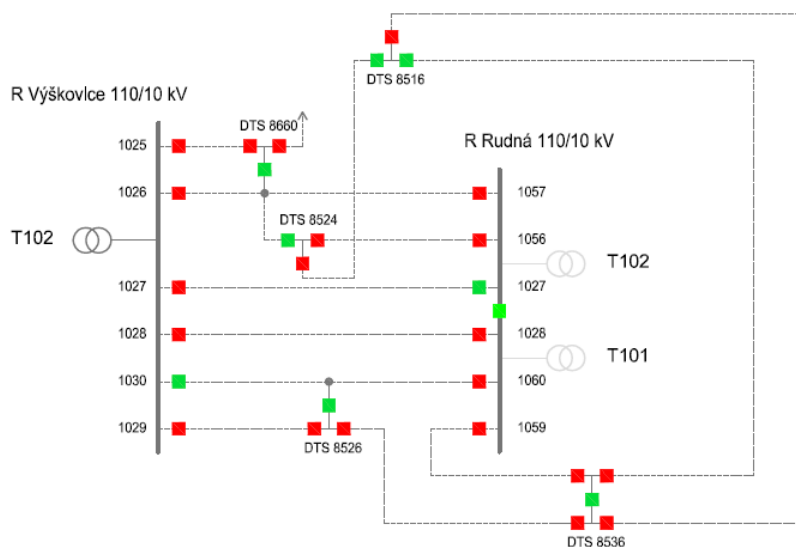
Stávající stav							Varianta 1	
Vedení	Přípojnice	Stav vývodu	Typ nadproudové ochrany	Proud ochrany	Časové nastavení ochrany	Proud. zatížení vývodu	Přípojnice	Proud. zatížení vývodu
VN	(-)	(-)	(-)	(A)	(s)	(A)	(-)	(A)
1027	W11	zapnut	7SJ621	270	0,3	0	zapnut	0
1028	W12	zapnut	7SJ621	270	0,3	0	zapnut	-102
1056	W11	zapnut	7SJ621	270	0,3	66	zapnut	66
1057	W11	zapnut	7SJ621	270	0,3	48	zapnut	-150
1058	W11	zapnut	7SJ621	270	0,3	84	zapnut	84
1059	W12	zapnut	7SJ621	270	0,3	61	zapnut	61
1060	W12	zapnut	7SJ621	270	0,3	41	zapnut	41

**Tabulka 42** Tabulka srovnání zatížení transformátorů v okolních rozvodnách

Rozvodna	Stávající stav							Varianta 3		
	Označení	Stav / přípojnice	$S_{inst}$	$U_3$	$I_{3MAX}$	$I_3$	$I_{TSF}$	$U_3$	$I_3$	$I_{TSF}$
			(MVA)	(kV)	(A)	(A)	(%)	(kV)	(A)	(%)
Rudná	T102	zap / W1	40	10,5	1375	259	18,8	0	0	0,0
Výškovice	T101	zap / W1	40	10,5	2199	0	0,0	10,5	0	0,0
	T102	vyp / W2	25	10,5	1374	707	51,5	10,5	1005	73,1



**Obrázek 42** Grafické znázornění zatížení transformátorů v okolních rozvodnách



Na obrázku je schématicky naznačena kabelová síť 10 kV mezi rozvodnami Výškovice a Rudná s vyznačenými uzly sítě, ve kterých je možné provádět manipulace za pomoci dálkově ovládaných prvků. Konfigurace zapojení vedení odpovídá popisovanému návrhu zálohování.

**Obrázek 43** Část kabelové sítě 10 kV mezi rozvodnami VYSC a OVRU



### 7.3. Rozvodna Výškovice (VYSC)

#### 7.3.1. Popis stávajícího stavu

Rozvodna Výškovice je elektrickou stanicí 110/10 kV. Z pohledu sítě vvn je rozvodna koncipována v H provedení, což je schéma běžné pro malé stanice 110/vn se dvěma transformátory. Přednostní výhodou tohoto provedení je, že průběžné vedení vvn zůstane v provozu při poruchách obou transformátorů. Rozvodna je napájena prostřednictvím vedení V648 z rozvodny Kunčice a vedením V647 z rozvodny Lískovec.

Přípojnice v části rozvodny 10 kV jsou označeny W11 a W12 a jsou propojitelné za pomoci dvou příčných spojek. Toto propojení je využíváno, neboť k napájení zátěže postačuje pouze jeden ze dvou instalovaných transformátorů. Transformátor T101 o výkonu 40 MVA je vyveden na přípojnici W11. Přednostně se doporučuje rozvodnu napájet z novějšího transformátoru T102 o výkonu 25 MVA, neboť je méně hlučný a vzhledem k odebíranému výkonu se zatížení lépe přibližuje hospodárnému zatížení transformátorů.

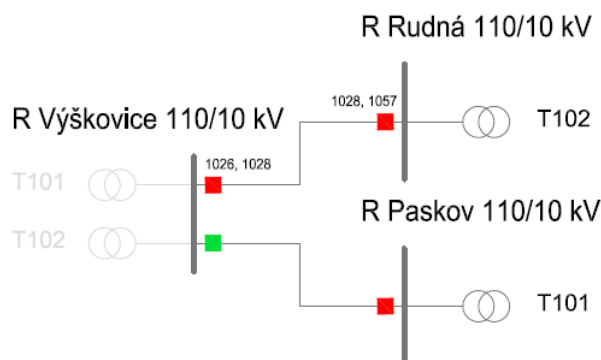
V rozvodně nelze jednotlivé vývody přepínat mezi oběma systémy přípojníc. Vývod je vždy zaústěn na jednu přípojnici, tím se možnost manipulací při záložním napájení v rozvodně VYSC značně omezí. Celkové odebírané proudové zatížení z transformátoru T102 je přibližně 707 A, což představuje hodnotu činného výkonu při  $\cos\varphi = 0,95$  asi 12,2 MW. V následující tabulce je uveden přehled transformátorů v rozvodně VYSC.

Rozvodnu 10 kV lze propojit prostřednictvím vedení a systému spínacích stanic s rozvodnami Rudná a Paskov.

**Tabulka 43** Transformátory v rozvodně Výškovice a jejich zatížení

Rozvodna	Označení	Spojení vinutí	$S_{inst}$	$U_2$	$I_{2MAX}$	$I_2$	$I_{TSF}$
			(MVA)	(kV)	(A)	(A)	(%)
Výškovice	T101	YNyn0/d	40	10,5	2199	0	0,00
	T102	Yy0/d	25	10,5	1374	707	51,44

#### 7.3.2. Zálohování rozvodny VYSC z rozveden OVRU a PASK



**Obrázek 44** Schematické znázornění napájení rozvodny VYSC z rozveden OVRU a PASK

Z rozvodny je odebírána hodnota proudového zatížení 705 A. Rozvodnu VYSC lze napájet prostřednictvím vedení vn č.1027 a 1028 z rozvodny OVRU. Tato vedení lze zatížit pouze 270 A z parametrických důvodů. Výkon tedy nedostačuje pro pokrytí odebíraných výkonů z rozvodny

VYSC, a proto je nezbytné, aby došlo k následným manipulacím v síti 10 kV mezi rozvodnami VYSC, OVRU a PASK. Vývody vedení, které lze napájet z rozvodny PASK budou v rozvodně VYSC vypnuty. Tím dojde k odlehčení zatížení v rozvodně. Poté je možné rozvodnu zálohovat z rozvodny OVRU. Po manipulacích bude výkonové zatížení rozvodny PASK vyjádřené v hodnotách proudu navýšeno o 248 A. Přehled manipulací v rozvodně VYSC je popsán v následujícím textu a přehledně uspořádán do tabulky 44.

V rozvodně VYSC dojde k těmto manipulacím

- Bude vypnut vývod vedení vn č.1038. Vedení bude napájeno z rozvodny PASK prostřednictvím vedení vn č.1055 při zapnutí všech odpínačů v DTS 8560.
- Bude vypnuto vedení vn č.1037 a 1044. Vedení budou napájena z rozvodny PASK prostřednictvím vedení vn č.1055 při zapnutí všech odpínačů v DTS 8590.
- Bude vypnuto vedení vn č.1040. Vedení bude napájeno z rozvodny PASK prostřednictvím vedení vn č.1054 při zapnutí všech odpínačů v DTS 8603.
- Na přípojnici W11 budou zapnuta vedení vn č.1031, 1033, 1045 a vedení vn č.1026, které napájí tuto přípojnici z rozvodny OVRU. Zálohovaná hodnota výkonu se projeví v rozvodně OVRU prostřednictvím zvýšení hodnoty proudového zatížení vývodu vn č.1057 na 204 A.
- Na přípojnici W12 budou zapnuta vedení vn č.1034, 1049 a vedení vn č.1028, které napájí tuto přípojnici z rozvodny Rudná.

V rozvodně OVRU dojde k těmto manipulacím

- Bude zapnut vývod vedení vn č.1027.
- Vedení vn č.1057 bude napájet prostřednictvím všech zapnutých odpínačů v DTS 8660 vedení vn č.1025 a 1026. Přípojnice W11 rozvodny VYSC bude napájena prostřednictvím kabelového vedení vn č.1026.

Vývody vn č.1047 a 1048 nejsou zakresleny ve stávajících schématech, proto není patrné, na kterou přípojnici jsou vyvedeny. Při havarijním napájení rozvodny VYSC mohou být vzhledem ke konfiguraci zapojení napájeny pouze z rozvodny OVRU. V nejnepříznivějším případě, kdy budou oba vývody zapojeny na stejnou přípojnici W11, může dojít v rozvodně Rudná k přetížení vývodu vn č.1027 a následnému vybavení ochrany. Tím by došlo k opětovnému přerušení dodávky el. energie do této rozvodny. Proto bude přípojnice W11 napájena z vývodu vn č.1026 rozvodny VYSC, čímž bude zajištěna dostatečná proudová a výkonová rezerva.

Vypočtená hodnota proudové rezervy u přípojnice W11 rozvodny VYSC je 78 A a u přípojnice W12 odpovídá hodnotě 114 A. Rezerva je uvažována s ohledem na nastavenou hodnotu vybavovacího nadproudu ochran v rozvodně OVRU. V tabulkách 46 a 47 je pro srovnání uvedeno navýšení hodnot proudového zatížení jednotlivých vývodů v rozvodnách PASK a OVRU před a po vzniku mimořádné události – výpadku prvku sítě 110 kV.

Na následující obrázku je graficky znázorněna velikost proudového zatížení sekundárních stran transformátorů rozveden PASK a OVRU, mezi které je nutné přerozdělit nedodaný výkon vlivem výpadku rozvodny VYSC. Je zřejmé, že transformátory jsou pro takovou situaci dimenzovány a skýtají poměrně velkou výkonovou rezervu. Síť vn 10 kV je rovněž vhodně dimenzovaná především velkým počtem DTS, kam je zaústěno několik vedení a jejich odpínače lze ovládat dálkově. Tím lze dosáhnout stoprocentní zálohovatelnosti rozvodny VYSC několika variantami.

**Tabulka 44** Tabulka manipulací a srovnání zatížení vývodů v rozvodně VYSC 10 kV před a po jejím zálohování

	<i>Stávající stav</i>						<i>Varianta 1</i>		
<i>Vedení</i>	<i>Přípojnice</i>	<i>Stav vývodu</i>	<i>Typ nadproudové ochrany</i>	<i>Proud ochrany</i>	<i>Časové nastavení ochrany</i>	<i>Proud. zatížení vývodu</i>	<i>Přípojnice</i>	<i>Stav vývodu</i>	<i>Proud. zatížení vývodu</i>
VN	(-)	(-)	(-)	(A)	(s)	(A)	(-)	(-)	(A)
1025	W11	zapnut	7SJ600	240	0,6	12	W11	vypnut	0
1026	W11	vypnut	7SJ600	250	0,6	0	W11	zapnut	-144
1027	W11	zapnut	7SJ600	250	0,6	70	W11	zapnut	70
1028	W12	vypnut	7SJ600	250	0,6	0	W12	zapnut	-136
1029	W11	vypnut	7SJ600	250	0,6	0	W11	vypnut	0
1030	W12	vypnut	7SJ600	250	0,6	0	W12	vypnut	0
1031	W11	zapnut	7SJ600	250	0,6	50	W11	zapnut	50
1032	W12	vypnut	7SJ600	250	0,6	0	W12	vypnut	0
1033	W11	zapnut	7SJ600	250	0,6	30	W11	zapnut	30
1034	W12	zapnut	7SJ600	240	0,6	39	W12	zapnut	39
1035	W11	zapnut	7SJ600	240	0,6	30	W11	vypnut	0
1036	W12	vypnut	7SJ600	250	0,6	0	W12	vypnut	0
1037	W11	zapnut	7SJ600	250	0,6	46	W11	vypnut	0
1038	W12	zapnut	7SJ600	250	0,6	65	W12	vypnut	0
1039	W11	vypnut	7SJ600	270	0,8	0	W11	vypnut	0
1040	W12	zapnut	7SJ600	270	0,8	86	W12	vypnut	0
1041	W12	vypnut	7SJ600	300	0,8	0	W12	vypnut	0
1042	W11	vypnut	7SJ600	270	0,8	0	W11	vypnut	0
1043	W11	vypnut	7SJ600	300	0,8	0	W11	vypnut	0
1044	W12	zapnut	7SJ600	270	0,8	51	W12	vypnut	0
1045	W12	vypnut	7SJ600	250	0,6	0	W11	zapnut	64
1046	W12	zapnut	7SJ600	250	0,6	64	W12	vypnut	0
1047	?	zapnut	7SJ600	300	0,6	26	?	zapnut	26
1048	?	zapnut	7SJ600	300	0,6	39	?	zapnut	39
1049	W12	zapnut	7SJ600	240	0,6	97	W12	zapnut	97

**Tabulka 45** Tabulka manipulací v DTS

<i>Rozvodna</i>	<i>Vedení</i>	<i>Manipulace</i>
<b>DTS 8560</b>	1055 / 1037	Zapnout vše.
<b>DTS 8590</b>	1055 / 1044	Zapnout vše.
<b>DTS 8603</b>	1054 / 1040	Zapnout vše.
<b>DTS 8660</b>	1025 / 1026	Zapnout vše.

**Tabulka 46** Srovnání proudových hodnot vývodů v rozvodně PASK při záložním napájení VYSC

	Stávající stav						Variantá 1
Vedení	Přípojnice	Stav vývodu	Typ nadproudové ochrany	Proud ochrany	Časové nastavení ochrany	Proud. zatížení vývodu	Proud. zatížení vývodu
VN	(-)	(-)	(-)	(A)	(s)	(A)	(A)
1050	W1	zapnut	SPAJ140C/P	360	1	88	88
1051	W1	zapnut	SPAJ140C/P	360	1	38	38
1052	W1	zapnut	SPAJ140C/P	360	1	55	55
1053	W1	zapnut	SPAJ140C/P	360	1	46	46
1054	W1	zapnut	SPAJ140C/P	280	1	54	140
1055	W1	zapnut	SPAJ140C/P	280	1	57	219

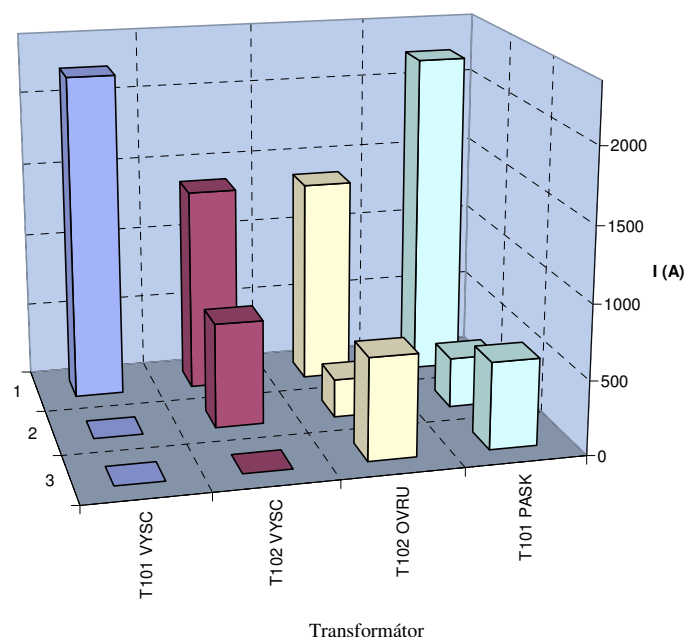
**Tabulka 47** Srovnání proudových hodnot vývodů v rozvodně OVRU při záložním napájení VYSC

	Stávající stav						Variantá 1
Vedení	Přípojnice	Stav vývodu	Typ nadproudové ochrany	Proud ochrany	Časové nastavení ochrany	Proud. zatížení vývodu	Proud. zatížení vývodu
VN	(-)	(-)	(-)	(A)	(s)	(A)	(A)
1027	W11	zapnut	7SJ621	270	0,3	0	70
1028	W12	zapnut	7SJ621	270	0,3	0	201
1056	W11	zapnut	7SJ621	270	0,3	66	66
1057	W11	zapnut	7SJ621	270	0,3	46	204
1058	W11	zapnut	7SJ621	270	0,3	45	45
1059	W12	zapnut	7SJ621	270	0,3	61	61
1060	W12	zapnut	7SJ621	270	0,3	41	41

**Tabulka 48** Tabulka zatížení transformátorů v okolních rozvodnách

	Stávající stav							Variantá 1		
Rozvodna	Označení	Stav / přípojnice	S <sub>inst</sub>	U <sub>2</sub>	I <sub>2MAX</sub>	I <sub>2</sub>	I <sub>TSF</sub>	U <sub>2</sub>	I <sub>2</sub>	I <sub>TSF</sub>
			(MVA)	(kV)	(A)	(A)	(%)	(kV)	(A)	(%)
Výškovice	T101	zap / W11	40	10,5	2199	0	0,00	0	0	0,00
	T102	zap / W12	25	10,5	1374	707	51,45	0	0	0,00
Rudná	T102	zap / W11	40	10,5	1375	259	18,84	10,5	686	49,89
Paskov	T101	vyp / W1	40	10,5	2199	338	15,37	10,5	586	26,65

Selektivita ochrany je při navržené variantě zálohování rozvodny VYSC zachována. V rozvodně OVRU je u vývodů vn č.1057 a 1028, které tvoří hlavní vedení pro tuto variantu zálohování rozvodny VYSC, hodnota nadproudu vybavujícího ochranu nastavena na 270 A a v rozvodně VYSC u vedení vn č.1026 a 1028 je hodnota nastavena na 250 A. Proudová a časová selektivita je jednoznačně dodržena.



**Obrázek 45** Grafické znázornění zatížení transformátorů v okolních rozvodnách

#### 7.4. Rozvodna Teplárna Ostrava

##### 7.4.1. Popis stávajícího stavu

Rozvodna Teplárna Ostrava je elektrickou stanicí 110/22 kV. Strana vvn rozvodny je provedena s dvojitým systémem přípojníc, který se používá zejména pro svou vysokou spolehlivost dodávky elektrické energie. Rozvodna je propojena vedeními V634, V633 a V5640 s rozvodnou ETBE a prostřednictvím vedení V631 a V632 s rozvodnou Bohumín. Rozvodnu OVET lze propojit s rozvodnou MCHZ Ostrava, která je napájena rozvodny ETBE prostřednictvím vedení V5641 vedením V5642. Aktuální stav zapojení je uveden v příloze.

Rozvodna vn 22 kV je rozdělena na dvě části. První část, označená SME, je v pronájmu společnosti ČEZ Distribuce, a.s. a dále napájí distribuční síť vn. Do této části rozvodny jsou zapojeny dva generátory označené T65 a TG9. S alternátory a možností jejich účasti na napájení rozvodny v případě výpadku prvku sítě vvn 110 kV se v následujících variantách zálohování neuvažuje. Přípojnice jsou napájeny ze sekundárních stran transformátorů T21 a T22 s parametry uvedenými v tabulce 49.

Druhou částí rozvodny je rozvodna označená jako TOV, z níž jsou napájeny převážně průmyslové vývody, které jsou rozlišené od ostatních počátečním písmenem D. Jelikož je rozvodna soukromá, není ve variantě 1 uvažováno s jejím zálohováním. V ostatních variantách je již zálohování části rozvodny TOV zohledněno. Tato část rozvodny je ve stejném provedení a uspořádání jako část SME. Rozvodna TOV je napájena dvěma transformátory T23 a T24, jejichž parametry jsou uvedeny v tabulce 49.

Celkový výkon odebíraný na sekundárních stranách transformátorů vyjádřený v ampérech odpovídá hodnotě 1032 A. Z toho část rozvodny SME odebírá 867 A a TOV 165 A.

**Tabulka 49** Transformátory v rozvodně OVET a jejich zatížení

Rozvodna	Označení	Spojení vinutí	$S_{inst}$	$U_2$	$I_{2MAX}$	$I_2$	$I_{TSF}$
			(MVA)	(kV)	(A)	(A)	(%)
<b>Teplárna Ostrava</b>	T21	YNyn0/(d)	25	23	628	454	72,3
	T22	YNyn0/(d)	25	23	628	413	65,8
	T23	YNyn0/(d)	25	23	628	165	26,3
	T24	YNyn0/(d)	25	23	628	0	0,0

#### 7.4.2. Rozvodna Teplárna Ostrava – část vn 22 kV (rozvodna SME)

Ze schematického zakreslení sítí vn (viz. příloha č.5) je patrné, že rozvodnu lze propojit prostřednictvím vedení

- vn č.167 a 177 s rozvodnami ETBE a Fifejdy. Rozvodna Fifejdy není napájecím bodem sítě 22 kV a výkon odebíraný z této stanice je dodáván prostřednictvím vedení vn č.167 a 177 z rozvodny OVET.
- vn č.859 a 845 s rozvodnou Nová Radnice, která je napájena vedeními vn č.850 a 860 z rozvodny CLOU.
- vn č.14 a úsekových odpínačů instalovaných na tomto vedení s rozvodnou KUNC a CLOU.
- vn č.365 s rozvodnou KUNC, případně při zapnutí úsekového vypínače US\_KA\_3093 s rozvodnou Albrechtice.
- vn č.184 s rozvodnou Benešov za použití úsekového odpínače US\_OS\_3205

**Tabulka 50** Tabulka výchozího stavu rozvodny OVET

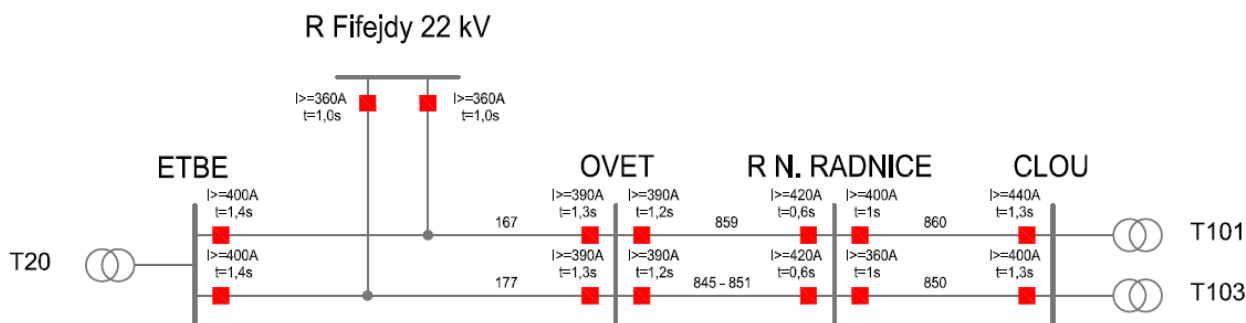
Vedení	Přípojnice	Stav vývodu	Typ nadproudové ochrany	Proud ochrany	Časové nastavení ochrany	Proud. zatížení vývodu	Lze propojit s rozvodnou
VN	(-)	(-)	(-)	(A)	(s)	(A)	(-)
<b>14</b>	W2	zapnut	7SJ632	330	1,2	69	Kunčice, Černá Louka
<b>165</b>	W1	zapnut	7SJ632	360	1,2	31	-
<b>167</b>	W2	zapnut	7SJ632	390	1,3	154	Třebovice, Fifejdy
<b>177</b>	W2	zapnut	7SJ632	390	1,3	134	Třebovice, Fifejdy
<b>184</b>	W2	zapnut	7SJ632	360	1,0	56	Benešov, Bohumín <sup>1)</sup>
<b>365</b>	W1	zapnut	7SJ632	270	1,2	92	Kunčice, Albrechtice
<b>844</b>	W1	zapnut	7SJ632	360	0,8	69	-
<b>845</b>	W1	zapnut	7SJ632	390	1,2	123	Nová Radnice
<b>851</b>	W1	zapnut	7SJ632	360	0,8	22	-
<b>859</b>	W1	zapnut	7SJ632	390	1,2	117	Nová Radnice

<sup>1)</sup> Vedení lze propojit s jiným vedením, ovšem příslušný prvek není ovládán dálkově, ale místně.

Odebíraný výkon z rozvodny Teplárna Ostrava z části SME odpovídá přibližné hodnotě činného výkonu 32,8 MW. Provedením úvahy bilance výkonů lze zjistit, že výkonový deficit po výpadku

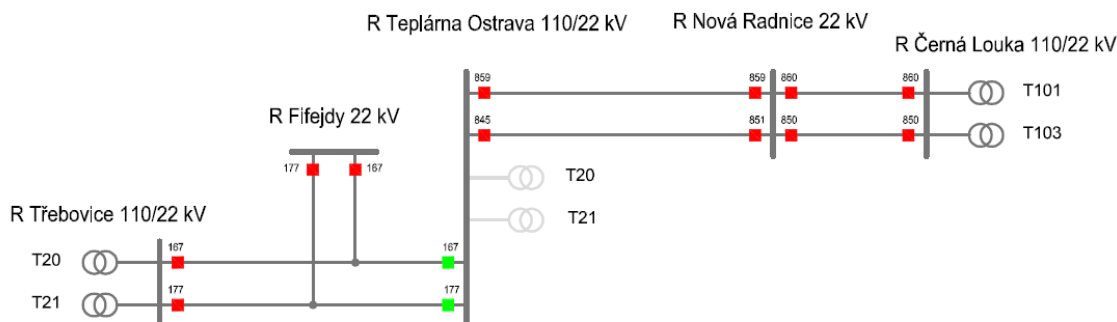
prvku napájecí sítě 110 kV nelze hradit v celém rozsahu pouze z jedné rozvodny, neboť žádné z vedení, kterým lze propojit rozvodnu s ostatními rozvodnami, nedosahuje tak značných přenosových schopností. Cílem jednotlivých variant bude přerozdělit výkon po částech na okolní rozvodny.

Při zálohování rozvodny OVET sítě vn 22 kV nelze dodržet selektivitu elektrických ochrán. Tento stav je nepříznivý, ovšem prioritou je zajistit dostatečný výkon pro odběratele z rozvodny. Na následujícím schématu je vyznačena možná cesta napájení rozvodny OVET s proudovým a časovým odstupňováním elektrických ochrán jednotlivých vývodů.



**Obrázek 46** Schématické znázornění elektrických ochrán v napájecí cestě rozvodny OVET

#### 7.4.3. Zálohování rozvodny OVET z rozveden CLOU, Nová Radnice a ETBE (Varianta 1)



**Obrázek 47** Schématické znázornění napájení rozvodny OVET z rozveden ETBE a CLOU

Rozvodna OVET bude v této variantě napájena prostřednictvím vedení vn č.859 a 851 z rozvodny Mariánské Hory, kterou napájí rozvodna CLOU prostřednictvím dvou kabelových vedení vn č.850 a 860. Vedení vn č.167 a 177 napájecí rozvodnu Fifejdy budou manipulacemi vypnuta, čímž se velikost odebíraného výkonu v rozvodně OVET podstatně sníží, přibližně o 10,9 MW. Zbývající nedodaný výkon přibližně 21,9 MW bude do rozvodny OVET dodáván z rozvodny CLOU. Část rozvodny 22 kV určené pro napájení vývodů společnosti OKD není touto variantou zálohována.

V rozvodně OVET dojde k následujícím manipulacím

- Budou vypnuty vývody vn č.167 a 177. Vedení a rozvodna Fifejdy budou napájeny z rozvodny ETBE prostřednictvím zapnutých vedení vn č.167 a 177.
- Vedení vn č.845 bude přemanimulováno na přípojnici W2 a zůstane zapnuté. Vedení bude napájeno z rozvodny Nová Radnice prostřednictvím vn č.851, kde vzroste proudové zatížení

vývodu na hodnotu 167 A. Vedení je napájeno prostřednictvím přípojnice W11 a vedení vn č.850 z rozvodny CLOU.

V následujících tabulkách je uveden uspořádaný výčet manipulací. Na obrázku 48 pak srovnání zatížení sekundárních stran transformátorů, u nichž došlo ke změně zatížení vlivem výpadku rozvodny OVET.

**Tabulka 51** Tabulka manipulací v rozvodně OVET

<i>Stávající stav</i>							<i>Varianta 1</i>		
<i>Vedení</i>	<i>Přípojnice</i>	<i>Stav vývodu</i>	<i>Typ nadproudové ochrany</i>	<i>Proud ochrany</i>	<i>Časové nastavení ochrany</i>	<i>Proud. zatížení vývodu</i>	<i>Přípojnice</i>	<i>Stav vývodu</i>	<i>Proud. zatížení vývodu</i>
VN	(-)	(-)	(-)	(A)	(s)	(A)	(-)	(-)	(A)
14	W2	zapnut	7SJ632	330	1,2	69	W2	zapnut	69
167	W2	zapnut	7SJ632	390	1,3	154	W2	vypnut	0
177	W2	zapnut	7SJ632	390	1,3	134	W2	vypnut	0
845	W1	zapnut	7SJ632	390	1,2	123	W2	zapnut	-125
859	W1	zapnut	7SJ632	390	1,2	117	W1	zapnut	-214

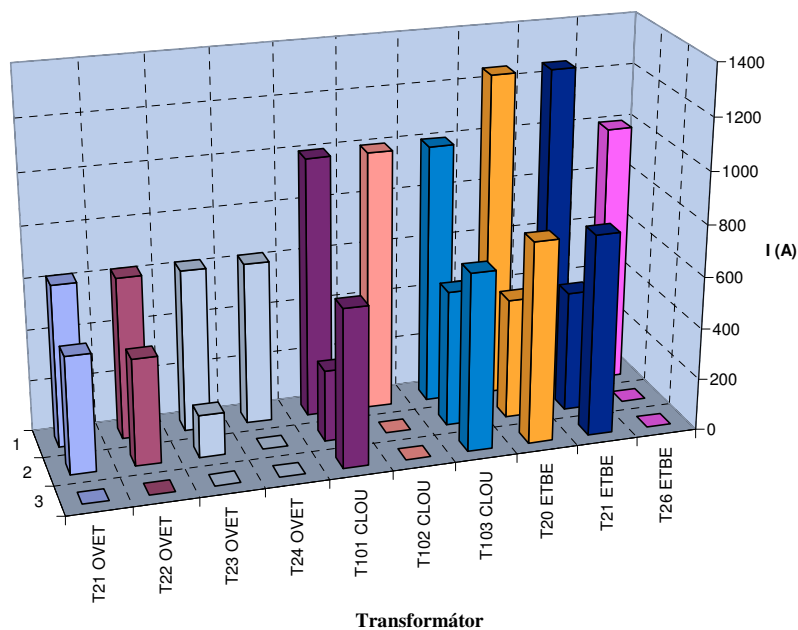
**Tabulka 52** Tabulka manipulací v okolních rozvodnách

<i>Rozvodna</i>	<i>Vedení</i>	<i>Proud ochrany</i>	<i>Časové nastavení ochrany</i>	<i>Proud. zatížení vývodu</i>	<i>Manipulace</i>
		(A)	(s)	(A)	
Nová Radnice	850	360	1	-249	zap / W11
	860	400	1	-336	zap / W12
Černá Louka	850	400	1,3	336	-
	860	440	1,3	249	-

**Tabulka 53** Tabulka zatížení transformátorů v okolních rozvodnách

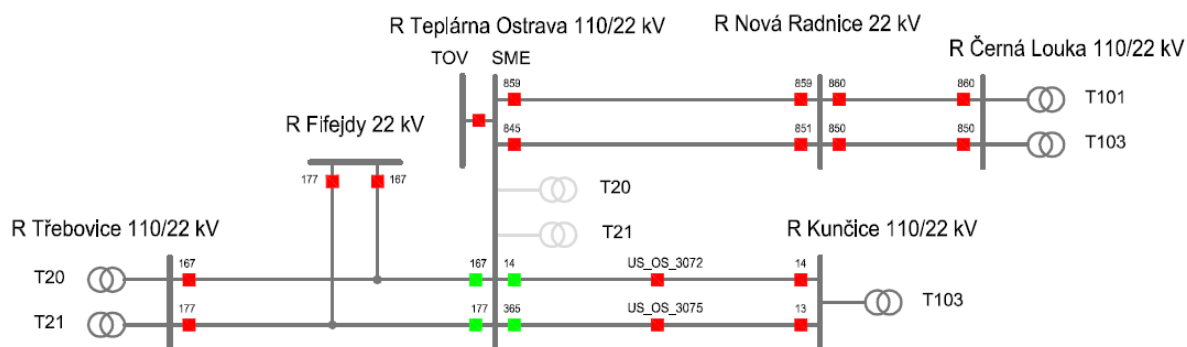
<i>Stávající stav</i>								<i>Varianta 1</i>		
<i>Rozvodna</i>	<i>Označení</i>	<i>Stav / přípojnice</i>	<i>S<sub>inst</sub></i>	<i>U<sub>2</sub></i>	<i>I<sub>2MAX</sub></i>	<i>I<sub>2</sub></i>	<i>I<sub>TSF</sub></i>	<i>U<sub>2</sub></i>	<i>I<sub>2</sub></i>	<i>I<sub>TSF</sub></i>
			(MVA)	(kV)	(A)	(A)	(%)	(kV)	(A)	(%)
Teplárna Ostrava	T21	zap / W1	25	23,0	628	454	72,29	0,0	0	0,00
	T22	zap / W2	25	23,0	628	413	65,76	0,0	0	0,00
	T23	zap / W2	25	23,0	628	165	26,27	0,0	0	0,00
	T24	vyp / W1	25	23,0	628	0	0,00	0,0	0	0,00
Černá Louka	T101	zap / W11	40	23,0	1005	276	27,46	23,0	612	60,90
	T103	zap / W12	40	23,0	1004	526	52,39	23,0	689	68,63
Třebovice	T20	zap / W13	50	23,0	1255	466	37,13	23,0	780	62,15





**Obrázek 48** Grafické znázornění zatížení transformátorů v okolních rozvodnách

#### 7.4.4. Zálohování rozvodny OVET z rozveden CLOU, KUNC, Nová Radnice a ETBE (Varianta 2)



**Obrázek 49** Schematické znázornění napájení rozvodny OVET z rozveden ETBE, KUNC, Nová Radnice a CLOU

Varianta je navržena tak, aby bylo možné v případě nutnosti zálohovat i část rozvodny vn 22 kV označenou jako TOV, ze které jsou napájeny vývody společnosti OKD. Části rozveden lze propojit pomocí spojky, která je v rozvodně pro tento účel nainstalována.

V rozvodně OVET dojde k těmto manipulacím

- Budou vypnuty vývody vn č.167 a 177, čímž bude vypnuta i rozvodna Fifejdy, která je z rozvodny OVET napájena. V rozvodně ETBE dojde k zapnutí vývodů vedení vn č.167 a 177. Hodnota odebíraného proudového zatížení těmito vývody bude 314 A.
- Vedení vn č.859 bude přemanimulováno na přípojnici W2 a zůstane zapnuté. Vedení bude napájeno z rozvodny Nová Radnice a bude určeno pro napájení části rozvodny Teplárna Ostrava TOV prostřednictvím spojky. Předpokládaná hodnota odebíraného proudového zatížení bude 165 A.
- Na přípojnici W1 budou zapnuta vedení vn č.165, 184, 844, 845 a 851. Hodnota odebíraného výkonu, vyjádřeného v ampérech, těmito vývody bude 178 A. Toto zatížení se projeví na transformátoru T103 v rozvodně CLOU.

**Tabulka 54** Tabulka manipulací v rozvodně OVET

Stávající stav							Varianta 2		
Vedení	Přípojnice	Stav vývodu	Typ nadproudo vé ochrany	Proud ochrany	Časové nastavení ochrany	Proud. zatížení vývodu	Přípojnice	Stav vývodu	Proud. zatížení vývodu
VN	(-)	(-)	(-)	(A)	(s)	(A)	(-)	(-)	(A)
14	W2	zapnut	7SJ632	330	1,2	69	W2	vypnut	0
167	W2	zapnut	7SJ632	390	1,3	154	W2	vypnut	0
177	W2	zapnut	7SJ632	390	1,3	134	W2	vypnut	0
365	W1	zapnut	7SJ632	270	1,2	92	W1	vypnut	0
845	W1	zapnut	7SJ632	390	1,2	123	W1	zapnut	-178
859	W1	zapnut	7SJ632	390	1,2	117	W2	zapnut	-165

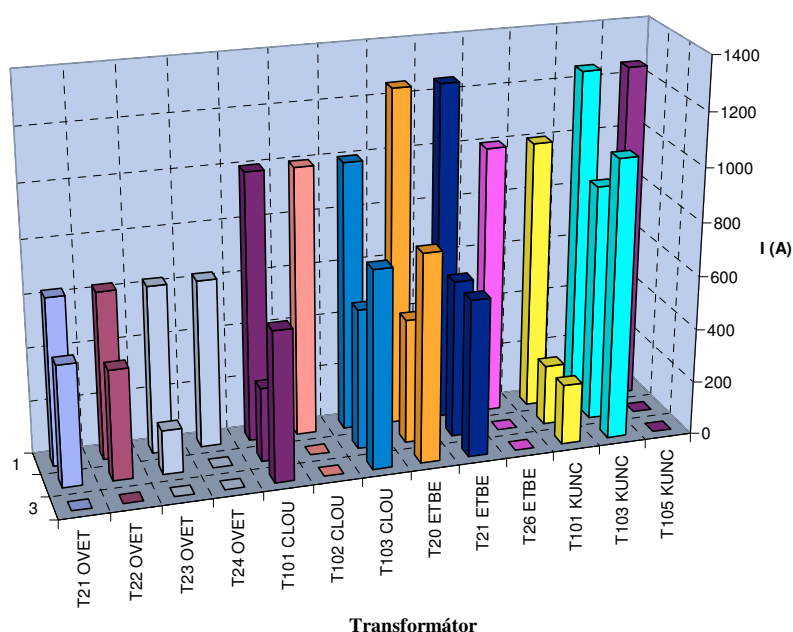
Manipulací v síti lze vyjádřit a popsat následovně

- Bude zapnut US\_OS\_3072, čímž se převede zatížení vývodu vn č.14 z rozvodny OVET do KUNC.
- Bude zapnut US\_OS\_3075, čímž se převede zatížení vývodu vn č.365 z rozvodny OVET do rozvodny KUNC na vývod vn č.13.

Zatížení transformátorů je opět patrné z následujícího grafického znázornění zatížení a tabulky 54.

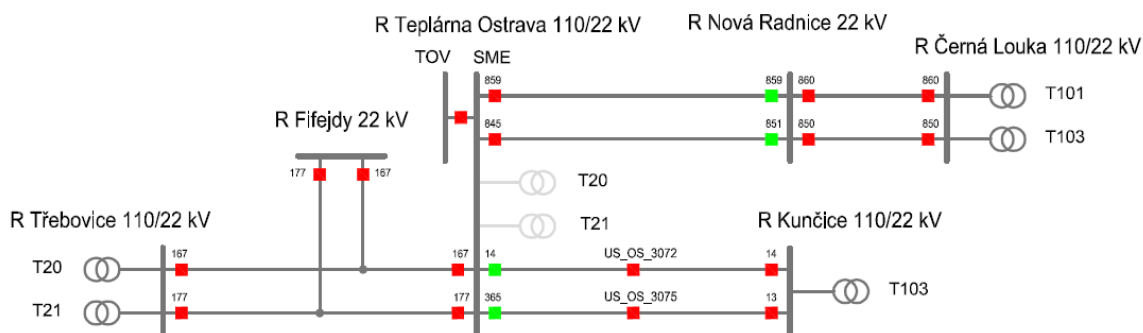
**Tabulka 55** Zatížení transformátorů v okolních rozvodnách

Stávající stav								Varianta 2		
Rozvodna	Označení	Stav / přípojnice	S <sub>inst</sub>	U <sub>2</sub>	I <sub>2MAX</sub>	I <sub>2</sub>	I <sub>TSF</sub>	U <sub>2</sub>	I <sub>2</sub>	I <sub>TSF</sub>
			(MVA)	(kV)	(A)	(A)	(%)	(kV)	(A)	(%)
Černá Louka	T101	zap / W11	40	23,0	1005	276	27,46	23,0	563	56,02
	T103	zap / W12	40	23,0	1004	526	52,39	23,0	741	73,80
Třebovice	T20	zap / W13	50	23,0	1255	466	37,13	23,0	780	62,15
Kunčice	T103	zap / W12	50	23,0	1255	885	70,52	23,0	1046	83,35



**Obrázek 50** Grafické znázornění zatížení transformátorů v okolních rozvodnách

#### 7.4.5. Zálhování rozvodny OVET z rozveden ETBE, CLOU, Nová Radnice a KUNC (Varianta 3)



**Obrázek 51** Schematické znázornění napájení rozvodny OVET z rozveden ETBE, CLOU, Nová Radnice a CLOU

V rozvodně OVET dojde k vypnutí vývodů vn č.14 a 365, které budou po zapnutí US\_OS\_3072 a US\_OS\_3149 napájeny z rozvodny KUNC. Tím dojde ke snížení zatížení rozvodny OVET a zbylou část nedodaného výkonu vlivem výpadku převezme rozvodna ETBE. Rozvodna Nová Radnice bude napájena prostřednictvím vedení vn č.850 a 860 z rozvodny CLOU. Vedení vn č.859 a 851 v rozvodně Nová Radnice budou vypnuta. Manipulace jsou uvedeny v tabulkách 56 a 57. V tabulce 58 je uvedeno zatížení transformátorů v okolních rozvodnách vlivem výpadku rozvodny OVET.

**Tabulka 56** Tabulka manipulací v rozvodně OVET

	Stávající stav						Varianta 3		
Vedení	Přípojnice	Stav vývodu	Typ nadproudové ochrany	Proud ochrany	Časové nastavení ochrany	Proud. zatížení vývodu	Přípojnice	Stav vývodu	Proud. zatížení vývodu
VN	(-)	(-)	(-)	(A)	(s)	(A)	(-)	(-)	(A)
14	W2	zapnut	7SJ632	330	1,2	69	W2	vypnut	0
167	W2	zapnut	7SJ632	390	1,3	154	W2	zapnut	-165
177	W2	zapnut	7SJ632	390	1,3	134	W2	zapnut	-220
184	W2	zapnut	7SJ632	360	1,0	56	W1	zapnut	56
365	W1	zapnut	7SJ632	270	1,2	92	W1	vypnut	0
845	W1	zapnut	7SJ632	390	1,2	123	W1	zapnut	42
859	W1	zapnut	7SJ632	390	1,2	117	W2	zapnut	0

**Tabulka 57** Tabulka manipulací v okolních rozvodnách

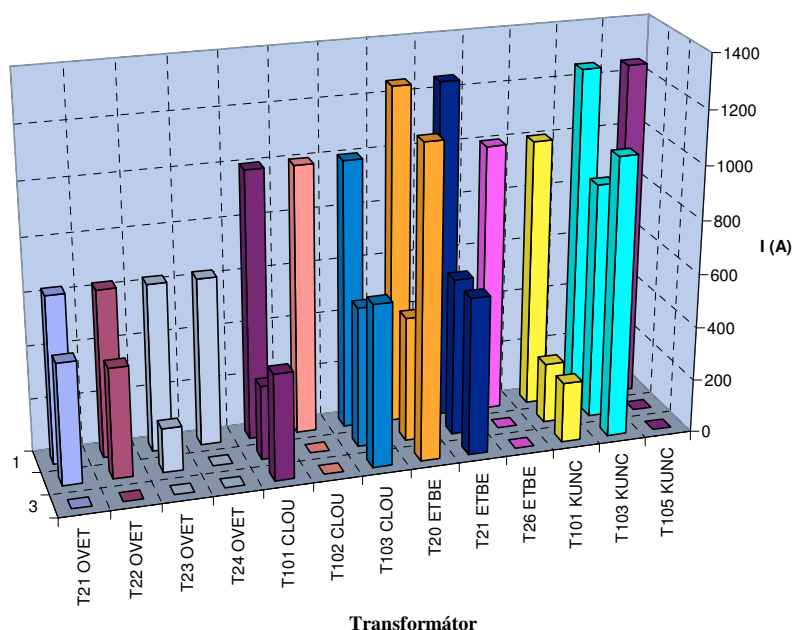
Rozvodna	Vedení	Proud ochrany	Časové nastavení ochrany	Proud. zatížení vývodu	Manipulace
		(A)	(s)	(A)	
Třebovice	167	400	1,4	214	Zapnutí na přípojnici W11.
	177	400	1,4	320	Zapnutí na přípojnici W11.
Nová Radnice	850	480	2,1	-82	Zapnout na přípojnici W11.
	860	400	1,0	-122	Zapnout na přípojnici W12.
	859	360	1,0	0	Vypnutí.
	845	360	1,0	0	Vypnutí.

**Tabulka 58** Zatížení transformátorů v okolních rozvodnách

	Stávající stav							Varianta 3		
Rozvodna	Označení	Stav / přípojnice	S <sub>inst</sub>	U <sub>2</sub>	I <sub>2MAX</sub>	I <sub>2</sub>	I <sub>TSF</sub>	U <sub>2</sub>	I <sub>2</sub>	I <sub>TSF</sub>
			(MVA)	(kV)	(A)	(A)	(%)	(kV)	(A)	(%)
Černá Louka	T101	zap / W11	40	23,0	1005	276	27,5	23,0	398	39,6
	T103	zap / W12	40	23,0	1004	526	52,4	23,0	608	60,6
Třebovice	T20	zap / W13	50	23,0	1255	466	37,1	23,0	1165	92,8
Kunčice	T103	zap / W12	50	23,0	1255	885	70,5	23,0	1046	83,4

Nevýhodou této varianty je velmi vysoké procento zatížení transformátorů v rozvodně ETBE. Řešením snížení zatížení transformátorů bude zapnutí transformátoru T26 a rekonfigurace zapojení vývodů na přípojnice v rozvodně ETBE.

Lze konstatovat, že rozvodnu OVET lze stoprocentně zálohovat třemi nenáročnými variantami.

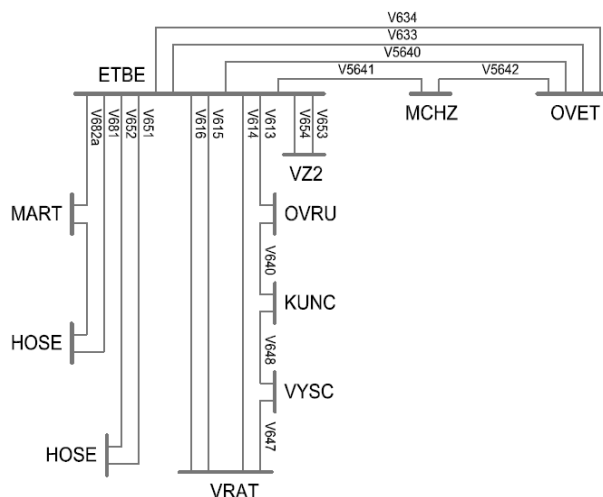


**Obrázek 52** Grafické znázornění zatížení transformátorů v okolních rozvodnách

## 7.5. Rozvodna Třebovice (ETBE)

### 7.5.1. Rozvodna Třebovice – část vvn 110 kV

Rozvodna ETBE je elektrickou stanicí 110/22 kV. Na přípojnice 110 kV této rozvodny jsou zapojeny přes zvyšovací transformátory výrobní bloky označené TG15 a TG16 elektrárny Třebovice s celkovým instalovaným výkonem 177 MW. Rozvodnu je možné v případě výpadku některého z vedení vvn napájet z kterékoliv uzlové oblasti. Schématické znázornění možností propojení jednotlivých vedení vvn 110 kV s rozvodnami je uvedeno v obrázku.



**Obrázek 53** Síť vvn 110 kV ETBE

### 7.5.2. Rozvodna Třebovice – část vn 22 kV

Přípojnice v části rozvodny 22 kV jsou provedeny jako dvojitý systém přípojníc s třemi přípojnícemi pomocnými. Přípojnice jsou podélně děleny a každá část je propojitelná příčnou spojkou. V rozvodně ETBE jsou instalovány tři transformátory se základními parametry uvedenými v tabulce 59. Transformátor T26 slouží při současné konfiguraci sítě jako rezerva. Z rozvodny je odebráno proudové zatížení 1098 A. V následující tabulce je uveden přehled instalovaných transformátorů v rozvodně:

**Tabulka 59** Transformátory v rozvodně ETBE a jejich zatížení

Rozvodna	Označení	Spojení vinutí	S <sub>inst</sub>	U <sub>2</sub>	I <sub>2MAX</sub>	I <sub>2</sub>	I <sub>TSF</sub>
			(MVA)	(kV)	(A)	(A)	(%)
Třebovice	T20 (T102)	YNyn0/d	50	23	1255	466	37,1
	T21 (T101)	YNyn0/d	50	23	1255	632	50,4
	T26 (T103)	YNyn0/d5	40	23	1004	0	0,0

**Tabulka 60** Tabulka výchozího stavu rozvodny ETBE

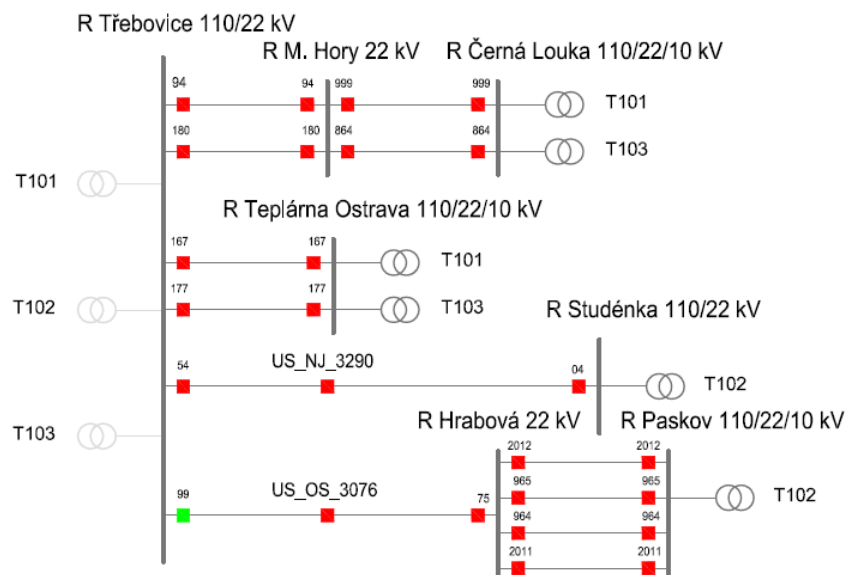
Vedení	Přípojnice	Stav vývodu	Typ nadproudové ochrany	Proud ochrany	Časové nastavení ochrany	Proud. zatížení vývodu	Lze propojit s rozvodnou
VN	(-)	(-)	(-)	(A)	(s)	(A)	(-)
03	W22	vypnut	AT31X1	360	1,4	0	Studénka
18	W11	zapnut	AT31X	360	1,4	111	Hoštice <sup>1)</sup> , Val. Mez. <sup>1)</sup> , Benešov <sup>1)</sup> Studénka
54	W11	zapnut	AT31X	320	1,4	101	Studénka
94	W23	zapnut	AS31	400	1,8	11	Fifejdy <sup>1)</sup> , Mariánské Hory
99	W11	zapnut	AT31X	400	1,4	44	Lískovec <sup>1)</sup> , Rudná, Hrabová
157	W22	zapnut	AT31X1	360	1,4	92	-
161	W11	zapnut	AT31X	400	1,8	97	-
162	W11	zapnut	AT31X	390	1,8	15	-
167	W11	vypnut	AT31X	400	1,4	0	Fifejdy, Teplárna Ostrava
168	W23	zapnut	AS31	480	1,8	143	-
169	W23	vypnut	AS31	480	1,8	0	-
171	W23	zapnut	AT31X1	320	1,2	43	-
172	W11	zapnut	AT31X	320	1,4	23	-
177	W11	vypnut	AT31X	400	1,4	0	Fifejdy, Teplárna Ostrava
179	W11	zapnut	AT31X	400	1,4	26	Benešov <sup>1)</sup>
180	W23	zapnut	AS31	400	1,8	0	Mariánské Hory
182	W23	zapnut	AT31X	400	1,8	116	Poruba B
183	W23	zapnut	AT31X	400	1,8	61	Poruba B
874	W23	zapnut	AT31X	400	1,4	41	-
CD1	W22	zapnut	AT31X	400	1,2	125	-
CD2	W22	zapnut	AT31X1	400	1,2	0	-

<sup>1)</sup> Vedení lze propojit s rozvodnou za pomoci manipulace s místně ovládanými prvky

Z rozvodny jsou napájeny vývody vn CD1 a CD2, které napájí trakční měnárnu. V případě výpadku lze tyto vývody vypnout a po dohodě s elektrodispečery Českých drah lze trakční úsek napájený z těchto transformátorů napájet z měnárny Studénka přes spínací stanici Polanka nad Odrou.

#### 7.5.2.1. Zálohování rozvodny ETBE z rozveden CLOU, Mariánské Hory, OVET, STCD a PASK

Účelem této varianty je přerozdělit výkon do rozveden CLOU, OVET, PASK, a STCD. Aby bylo možné zálohovat výkon rozvodny ETBE prostřednictvím vedení vn č.167 a 177 z rozvodny OVET, dojde k vypnutí těchto vedení v rozvodně Fifejdy. Zde se napájení zajistí sepnutím spojky SPD a zapnutím vedení vn č.859. Rozvodna pak bude napájena z transformátoru T103 z rozvodny CLOU. Důvodem přemanimulování rozvodny Fifejdy na transformátor T103 v rozvodně CLOU je malý výkon transformátorů T21 a T22 v rozvodně OVET.



Obrázek 54 Schematické znázornění napájení rozvodny ETBE

Pro zajištění napájení rozvodny ETBE dojde v rozvodně a v síti vn 22 kV k těmto manipulacím

##### 1. Rozvodna ETBE

- Budou sepnuty spojky podélného dělení pomocných přípojníc QPS1 a QPS2 v rozvodně ETBE. Přípojnice W51, W52 a W53 budou tak propojeny.
- Na přípojnici W53 budou přemanimulovány vývody vn č.171 a 874..
- Vývod vn č.54 bude přemanimulován na pomocnou přípojnici W51. Napájení vývodu vn č.54 bude provedeno z rozvodny Studénka z vývodu vedení vn č.04 prostřednictvím zapnutí úsekového odpínače US\_NJ\_3290.
- Bude vypnut vývod vn č.99. Jeho napájení se zajistí zapnutím úsekového odpínače US\_OS\_3076. Pak bude vývod napájen z vývodu vn č.75 z rozvodny Hrabová.
- V rozvodně ETBE budou rozepnuty spojky podélného dělení QAS1 a QAS2.
- Na přípojnici W21 budou zapnuty vývody vn č.161, 162, 172, 177, 179 a 183. Přípojnice bude napájena z rozvodny OVET prostřednictvím vedení vn č.177.
- Na přípojnici W11 budou zapnuty vývody vn č.18, 167 a 182. Přípojnice bude napájena z rozvodny OVET prostřednictvím vedení vn č.167.
- Na přípojnici W23 budou zapnuty vývody vn č.94, 168 a 169. Přípojnice bude napájena z rozvodny Mariánské Hory prostřednictvím vedení vn č.94.
- Na přípojnici W13 budou zapnuty vývody vn č.167 a 180. Přípojnice bude napájena z rozvodny Mariánské Hory prostřednictvím vedení vn č.180.

## 2. Okolní rozvodny

- Rozvodna Fifejdy – vypnutí vedení vn č.167 a 177, zapnutí příčné spojky SP1 a zapnutí vedení vn č.859.
- Mariánské Hory – zapnutí vedení vn č.94 na přípojnici W1 a vedení vn č.180 na přípojnici W2. Přemanipulování vedení vn č.864 na přípojnici W2, vdeení vn č.997 na přípojnici W2 a vedení vn č.999 na přípojnici W1.

**Tabulka 61** Tabulka manipulací v rozvodně ETBE

Stávající stav							Varianta 3		
Vedení	Přípojnice	Stav vývodu	Typ nadproudové ochrany	Proud ochrany	Časové nastavení ochrany	Proud. zatížení vývodu	Přípojnice	Stav vývodu	Proud. zatížení vývodu
VN	(-)	(-)	(-)	(A)	(s)	(A)	(-)	(-)	(A)
54	W11	zapnut	AT31X	320	1,4	101	W51	zapnut	-84
94	W23	zapnut	AS31	400	1,8	11	W23	zapnut	-143
99	W11	zapnut	AT31X	400	1,4	44	W11	vypnut	0
157	W22	zapnut	AT31X1	360	1,4	92	W13	zapnut	92
161	W11	zapnut	AT31X	400	1,8	97	W21	zapnut	97
162	W11	zapnut	AT31X	390	1,8	15	W21	zapnut	15
167	W11	vypnut	AT31X	400	1,4	0	W11	zapnut	-222
169	W23	vypnut	AS31	480	1,8	0	W13	zapnut	0
171	W23	zapnut	AT31X1	320	1,2	43	W53	zapnut	43
172	W11	zapnut	AT31X	320	1,4	23	W21	zapnut	23
177	W11	vypnut	AT31X	400	1,4	0	W21	zapnut	-227
179	W11	zapnut	AT31X	400	1,4	26	W21	zapnut	26
180	W23	zapnut	AS31	400	1,8	0	W13	zapnut	-92
182	W23	zapnut	AT31X	400	1,8	116	W11	zapnut	116
183	W23	zapnut	AT31X	400	1,8	61	W21	zapnut	61
874	W23	zapnut	AT31X	400	1,4	41	W51	zapnut	41
CD1	W22	zapnut	AT31X	400	1,2	125	W22	vypnut	0
CD2	W22	zapnut	AT31X1	400	1,2	0	W22	vypnut	0

**Tabulka 62** Tabulka manipulací v okolních rozvodnách

Rozvodna	Vedení	Proud ochrany	Časové nastavení ochrany	Proud. zatížení vývodu	Manipulace
		(A)	(s)	(A)	
Fifejdy	859	480	1,0	-314	Zapnutí na přípojnici W13.
Mariánské Hory	94	340	1,3	143	Zapnutí na přípojnici W1.
	180	340	1,3	92	Zapnout na přípojnici W2.
	864	340	1,3	-293	Zapnout na přípojnici W2.
	997	320	0,5	34	Zapnout na přípojnici W2.
	999	360	1,3	-333	Zapnout na přípojnici W1.

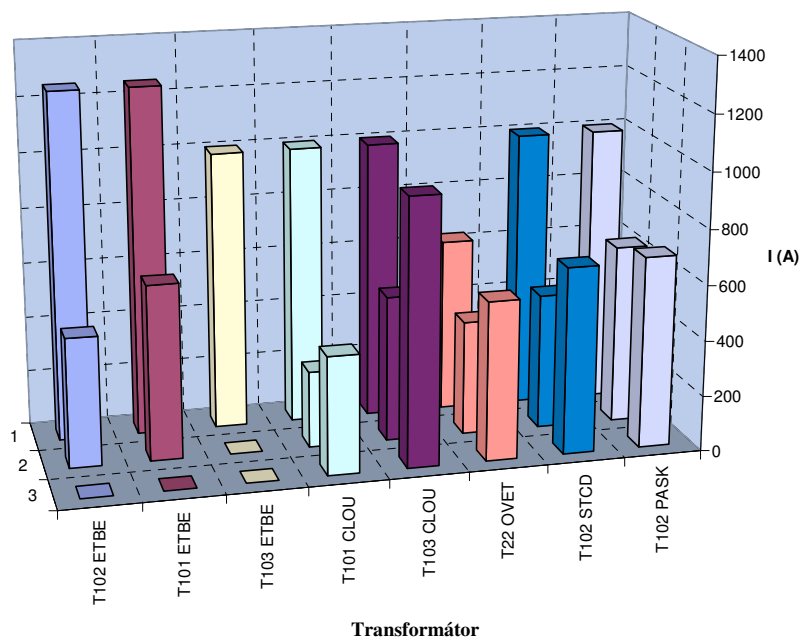


**Tabulka 63** Tabulka manipulací v síti vn 22 kV

Vedení	03	99
Manipulace	Zapnutí US_NJ_3290	Zapnutí US_OS_3076

**Tabulka 64** Zatížení transformátorů v okolních rozvodnách

Rozvodna	Označení	Stav / přípojnice	Stávající stav					Varianta 1		
			$S_{inst}$	$U_2$	$I_{2MAX}$	$I_2$	$I_{TSF}$	$U_2$	$I_2$	$I_{TSF}$
			(MVA)	(kV)	(A)	(A)	(%)	(kV)	(A)	(%)
Třebovice	T102	zap / W11	50	23,0	1255	466	37,1	0,0	0	0,0
	T101	zap / W23	50	23,0	1255	632	50,4	0,0	0	0,0
	T103	vyp / W11	40	23,0	1004	0	0,0	0,0	0	0,0
Černá Louka	T101	zap / W11	40	23,0	1005	276	27,5	23,0	425	42,3
	T103	zap / W12	40	23,0	1004	526	52,4	23,0	961	95,7
Teplárna Ostrava	T22	zap / W2	25	23,0	628	413	65,76	23,0	574	91,4
ČD Studénka	T102	zap / W11	40	23,0	1004	489	48,7	23,0	674	67,1
Paskov	T102	zap / W21	40	23,0	1004	647	64,4	23,0	691	68,8



**Obrázek 55** Grafické znázornění zatížení transformátorů v okolních rozvodnách

Selektivita elektrických ochran není dodržena v žádné napájecí cestě rozvodny ETBE. Z výše uvedeného lze konstatovat, že rozvodnu ETBE lze plně zálohovat za podmínky, že vývody napájecí trakční měšírny Českých drah v žst. Ostrava-Svinov budou vypnuty. Jejich zálohování se provede prostřednictvím trakčních vedení z měšírny Studénka přes spínací stanici Polanka nad Odrou.

## 8. Technicko – ekonomické hodnocení variant

Technické řešení zálohování rozveden již bylo popsáno. Ekonomické hledisko hodnocení posouvá řešenou problematiku do oblasti ocenění nedodané energie a výpočtů nákladů na ztráty vlivem nedodané energie, které vzniknou odběratelům.

Nedodaná energie  $A_{Nedodana}$  (kWh) je obdobou rovnice 3.9 a je obecně dána součinem odebíraného výkonu  $P$  (kW) a doby trvání výpadku  $T$  (h)

$$A_{nedodaná} = P_{odebíraný} \cdot T_{trvání\ poruchy} \quad (8.1)$$

### 8.1. Ocenění nedodané energie dodavatele

Při výpočtu nákladů ze strany dodavatele na výpadek elektrické energie se uvažují náklady na odstranění poruchy  $N_{DOP}$  (Kč), náklady, které vzniknou následnou manipulací pro vymezení místa poruchy a zálohování místa výpadku  $N_M$  (Kč), kam lze zahrnout případné omezení odběratelů napájených z jiných rozveden, kteří budou omezeni z důvodu zajištění dodávek elektrické energie pro vyšší stupně dodávek atp., náklady za ušlý zisk z prodeje elektrické energie  $N_{KČ}$  (Kč). Další nepřímé náklady souvisí s poškozením dobrého jména dodavatelské společnosti na trhu s elektrickou energií a s tím spojená ztráta zákazníků zahrnuta pod ostatní náklady. [20]. Výsledný vztah lze vyjádřit

$$N_{Dodavatele} = N_{DOP} + N_M + N_{KČ} + N_{Ostatní} \quad (8.2)$$

### 8.2. Ocenění nedodané energie odběratele

Náklady spojené s výpadkem na odběratelské úrovni a jejich výpočet jsou velmi komplikovanou záležitostí. Výpadek se u odběratele projeví škodami, které mohou být finančního, materiálního a ostatního charakteru. Pro každého velkoodběratele, který bude omezen v dodávce elektrické energie, se náklady určují podle specifik provozu a výroby podniku. Do těchto nákladů lze podle [20] zahrnout náklady na zničené výrobky  $N_{ZV}$  (Kč), náklady na prostoje zaměstnanců  $N_{PROSTOJ}$  (Kč), náklady na opravu výrobní linky zničené vlivem výpadku elektrické energie  $N_{OPRAVA}$  (Kč) a s tím spojené náklady na znovuoobnovení výroby na lince  $N_{START}$  (Kč), ztráta z nevyrobených výrobků  $N_{NV}$  (Kč), náklady na zajištění náhradní výroby  $N_{ZNV}$  (Kč), náklady na zničené suroviny  $N_{ZS}$  (Kč) a ostatní náklady které mohou vzniknout vlivem nedodané elektrické energie odběrateli  $N_{OSTATNÍ}$  (Kč).

$$N_{Odběběrat} = N_{ZV} + N_{PROSTOJ} + N_{OPRAVA} + N_{START} + N_{NV} + N_{ZNV} + N_{ZS} + N_{OSTATNÍ} \quad (8.3)$$

Podle [18] a IEA lze ocenění nedodané energie stanovit koeficientem IEAR Interruption Energy Assessment Rate, který je ukazatelem ceny přerušení v energetické soustavě vyjádřený v korunách na kilowatthodinu.

$$IEAR = \frac{N_{Celkové\ náklady\ odběběratele}}{A_{Nedodaná}} \quad (8.4)$$

### 8.3. Hodnocení variant programem MCA

Výběr optimální varianty lze provádět některou z metod multikriteriální analýzy [23]. Velikost ztížení rozvodu a konfigurace se neustále mění, proto má výběr optimální varianty pouze doporučující charakter.

Zvolená kritéria

- $f_1$  - Proudová rezerva v napájecím vedení rozvodny vn postižené výpadkem s ohledem na zatížitelnost všech vedení v napájecí cestě (A), typ kritéria – maximalizační
- $f_2$  - Rezerva v zatížení transformátorů vvn/vn napájecích rozvodu postiženou výpadkem (A), typ kritéria - maximalizační
- $f_3$  - Počet manipulací celkem pro zajištění napájení rozvodny postižené výpadkem, typ kritéria - minimalizační
- $f_4$  - celková doba trvání manipulací (min), typ kritéria – minimalizační  
(přibližná délka jedné manipulace v rozvodně vn  $t = 3$  min)

Vektor vah kritérií  $v = (v_{(f1)}, v_{(f2)}, v_{(f3)}, v_{(f4)}) = (0,4166; 0,4166; 0,0833; 0,0833)$

V následující tabulce jsou uvedeny hodnoty kritérií pro jednotlivé varianty příslušných rozvodů a řešení s maximální hodnotou užítu vypočtené v programu MCA8.

**Tabulka 65** Tabulka hodnot kritérií pro jednotlivé varianty příslušných rozvodů s řešením

Rozvodna	Varianta	$f_1$	$f_2$	$f_3$	$f_4$	Hodnota užítu
<b>CLOU</b>	1	480	182	10	30	0,167
	2	480	232	22	66	0,833
<b>PASK</b>	1	324	318	7	21	0,583
	2	625	946	12	36	0,417
<b>OVET</b>	1	240	708	7	21	0,500
	2	172	705	13	29	0,717
	3	324	90	12	36	0,417
<b>OVRU</b>	1	230	530	2	6	0,770
	2	156	589	1	3	0,415
	3	56	609	3	9	0,444

Jako nejoptimálnější varianty se jeví u rozvodny CLOU varianta zálohování rozvodny z rozvodu OVET, ETBE, Mariánské Hory a Nová Radnice. U rozvodny PASK je nejoptimálnější variantou zálohování rozvodny z Lískovce. U rozvodny OVET je nejoptimálnější variantou zálohování rozvodny z rozvodu CLOU, KUNC, Nová Radnice a ETBE. U rozvodny OVRU je nejoptimálnější variantou zálohování rozvodny z rozvodu Zábřeh a KUNC.

#### 8.4. Počet omezených zákazníků

Výpadkem výše uvedených rozvodem dojde k omezení odběratelů elektrické energie a zákazníkům vznikají škody. Počet zákazníků je uveden v následující tabulce.

Typ odběratele	Počet připojených zákazníků								Σ napěťová hladina
	MART	OVRU	OVET	ETBE	VYSC	CLOU	KUNC	PASK	
<b>A</b>	33	38	122	109	20	79	104	16	521
<b>B</b>	2181	849	4140	1670	3108	3815	1349	175	17287
<b>C</b>	21638	6077	19263	13994	3815	13339	9756	1684	89566
<b>Σ rozvodna</b>	23852	6964	23525	15773	6943	17233	11209	1875	

A – jsou velkoodběratelé připojení přímo ze sítě vn 22 kV

B – jsou velkoodběratelé (podnikatelé) připojení ze sítě nn 0,4 kV

C – jsou odběratelé – domácnosti připojení ze sítě nn 0,4 kV

#### 8.5. Ekonomika dimenzování vedení

V ostravské aglomeraci je poměrně rozsáhlý systém sítí vn 22 kV. V městských obvodech Poruba, Výškovice a Zábřeh je navíc provozována kabelová síť vn 10 kV. Eliminaci výpadků dodávek el. energie lze docílit již při samotném návrhu nebo rozšiřování soustavy vvn a vn například vhodným umístěním nových rozvodů do stávajícího distribučního rozvodu nebo vzájemným propojením transformoven vvn/vn a spínacích stanic vn tak, aby byly napájeny ze dvou a více stran. Výstavba nových rozvodů je však značně nákladná a musí být náležitě podložena technicko-ekonomickým výpočtem. Příkladem takového postupu může být změna spínací stanice Fifejdy 22 kV na transformovnu vvn/vn, která je v současné době ve fázi projekce.

V následující tabulce je uveden přehled vybavení a hrubých investičních nákladů pro transformovnu 110/22 kV se dvěma transformátory.

Položka (-)	Investiční náklady (tis. Kč)
2 x Stanoviště transformátoru	3000
Budova	5000
2 x Stanoviště zhášecí tlumivky	500
Transformátor 110/22 KV, 2 x 25 MVA	13000
2 x Přívodní pole	6500
2x Přívodní pole k transformátoru	5500
Pole spojky	400
Ochrany a měření vvn	3000
Ochrany a měření vn ,řídící systém	5000
Ostatní (ovl. Skříň TR,kabeláž, Alfe lano,přípojnice)	4000
Rozváděč vn - skříňový	500
2x Zhášecí tlumivka	650
Zařízení pro vlastní spotřebu	4000
Celkem	81 700

Druhou možností je instalace nových transformátorů ve stávajících rozvodnách vvn/vn. K tomu je ovšem nutné prověřit přenosové schopnosti, zejména dovolenou hodnotu proudu vzení vvn 110 kV. Instalace dalších transformátorů nebo výměna stávajících za nové výkonnější transformátory je rovněž značnou investicí.

Aby bylo možné zálohovat rozvodny vvn/vn prostřednictvím vedení distribučních sítí vn, je nutné vybraná vedení, která jsou k tomuto určena například jako vedení vn č.94 a 180 spojující rozvodny Třebovice a Mariánské Hory, vhodně dimenzovat nebo je posílit. Orientační ceny vrchních holých vedení v porovnání s kabelovým zemním vedením jsou uvedeny v následující tabulce.

Vedení vn	Typ	Doplňující informace	Investiční náklady na 1 km vedení (tis. Kč)
Kabelové	22-1-AXEKVCE 240	Bez projekce	777,0
		S projekcí a stavbou <sup>1)</sup>	1261,2
Venkovní (holé)	AlFe 3x120	Bez projekce <sup>2)</sup>	558,0
		S projekcí a stavbou <sup>2)</sup>	1010,0

<sup>1)</sup> Cena byla sestavena v programu ROZPRO s aktuálními cenami divize ČEZ Logistika, a.s.

<sup>2)</sup> Cena je určena podle tabulek projekční přípravy. Jsou zde uvažovány 2 ks koncových příhradových stožárů a 10 ks podpěrných betonových sloupů.

Cenu nelze paušálně stanovit, neboť každá stavba má svá specifika, různé prvky, je vedena v různém terénu atp. Jestliže je vedení projektováno v zastavěné části území, musí se podle vyhlášky 137/1998 Sb. ukládat zásadně pod zem. Tím vznikají další náklady spojené s věcnými břemeny, ochrannými pásmy, atp. Z tabulky lze usoudit, že vedení nadzemní jsou z hlediska investičních nákladů levnější než vedení zemní kabelová.

Pro zálohování rozvodu je nejméně nákladnou investicí posílení, či výstavba nových vedení vn. Tuto skutečnost je však dobře uvážit s ohledem na trend růstu spotřeby elektrické energie v předmětné oblasti.

## 9. Závěr

Cílem diplomové práce bylo ověřit zálohovatelnost rozvoden vvn/vn prostřednictvím sítí vn. Rovněž byla uvažována i možnost zálohování rozvoden prostřednictvím sítí vvn pro případ poruchy některého z prvků ES. Porucha prvku ES obecně pro koncového zákazníka znamená přerušení dodávky elektrické energie. Byly uvažovány dva typy poruchy.

Jako první typ poruchy byl uvažován výpadek napájecího transformátoru v uzlové oblasti 400/110 kV. V případě takové situace dojde k výpadku několika rozvoden a výkon je nutné dodat ze sousedních uzlových oblastí. Není vhodné uvažovat zálohování prostřednictvím sítí vn 22 kV nebo vn 10 kV, protože okolní rozvodny mohou být vlivem výpadku rovněž v beznapěťovém stavu. Hodnota nedodávaného výkonu vlivem výpadku převyšuje hodnotu výkonu, kterou lze dodat prostřednictvím sítí vn. Výpadek je řešen manipulacemi v síti a rozvodnách vvn 110 kV, které jsou popsány ve výše uvedeném textu. Rozvodny jsou 100 % zálohovatelné díky propojení rozvoden mezi sebou a poměrně rozsáhlé síti vvn.

Jako druhý typ poruchy byl uvažován výpadek vedení vvn 110 kV napájející příslušnou rozvodnu. Rozvodny vvn 110 kV jsou napájeny dvěma paralelními vedeními a některé rozvodny, většinou se zapojením přípojníc vvn v H-provedení, ze dvou sousedních rozvoden. Vedení vvn 110 kV se jeví vzhledem ke svému současnému zatížení jako předdimenzovaná, což je příznivé z důvodu řešení poruchových stavů u rozvoden, které lze napájet jednou linkou vedení ze dvou stran. V případě dvou paralelních vedení jsou vodiče obou vedení instalovány na jednom stožáru. Jestliže dojde k havárii na jednom z vedení, lze sice přenášet nedodaný výkon prostřednictvím druhého vedení, ale v případě odstraňování havárie nebo běžné údržby jednoho z nich je nutné obě linky vedení vypnout. Tím dojde k výpadku všech transformátorů v rozvodně vvn/vn. V tomto případě je pak nutné stávající odběry zálohovat prostřednictvím sítí vn, což je hlavním úkolem této diplomové práce. Výsledkem je, že všechny rozvodny lze plně zálohovat prostřednictvím sítí vn vyjma rozvoden Martinov a Třebovice. U některých rozvoden existuje několik variant zajištění napájení pro stávající odběry v síti vn. Proto byla provedena multikriteriální analýza metodou WSA pro vybrání optimální varianty. Doporučené varianty jsou uvedeny v následující tabulce.

Rozvodna	Část	Zálohovatelnost	Počet nalezených variant řešení	Optimální varianta podle MCA	Strana v DP
KUNC	22 kV	100 %	1	Varianta 1	35
CLOU	22 kV	100 %	2	Varianta 2	44
PASK	22 kV	100 %	2	Varianta 1	49
	10 kV	100 %	1	Varianta 1	54
MART	10 kV	0 %	0	-	-
OVRU	22 kV	100 %	3	Varianta 1	59
	10 kV	100 %	1	Varianta 1	64
VYSC	10 kV	100 %	1	Varianta 1	66
OVET	22 kV	100 %	3	Varianta 2	74
ETBE	22 kV	100 %	1	Varianta 1	80

Rozvodnu Martinov v případě výpadku transformátorů nelze zálohovat prostřednictvím sítě vn, protože rozvod vn 10 kV tvoří kabelovou ostrovní síť napájenou pouze z této rozvodny. V rozvodně Třebovice bude při vzniku výpadku transformátorů vvn/vn vypnuto vedení napájející transformátory určené k napájení elektrické trakce. Zde jsou však České dráhy schopny si zajistit dodávku elektrické energie ze svých měníren pomocí trakčních spínacích stanic. Proto lze zálohovatelnost považovat rovněž za 100 %.

Jako třetí typ poruchy lze uvažovat výpadek transformátoru 110/vn. Ve všech analyzovaných rozvodnách v ostravské aglomeraci je vždy instalován alespoň jeden záložní transformátor. Ten v případě poruchy nebo údržby jednoho z transformátorů dokáže vypnutý transformátor zálohovat. Výjimku v zálohování transformátorů tvoří pouze rozvodna Paskov, kde je pro každou hladinu vn instalován pouze jeden transformátor.

Ekonomické řešení je velmi úzce svázáno s technickým řešením. Jestliže dojde k výpadku a výpadek lze eliminovat manipulacemi a zálohováním nedodaného výkonu z okolních rozveden, znamená to, že oblast je dostatečně dimenzována a nejsou nutné další investice v podobě posílení vedení, instalace nových transformátorů, atd. v oblasti zálohování.

Z možností zálohování rozveden vvn/vn prostřednictvím navržených variant je možné lépe určit, kde soustava vytváří pomyslná slabá místa. V těchto místech, respektive rozvodnách, je pak efektivita případných vynaložených investičních prostředků do rozvoje distribuční soustavy nejlépe zúročena.

Ke každé variantě zálohování rozvodny je nakresleno schéma, které vychází z mikrodispečinku sítě vn. Ve schématech je vyznačena napájecí cesta a v porovnání se stávajícím stavem i manipulace s prvky sítě vn.

## 10. Seznam použité literatury

- [1] TROJÁNEK, Zdeněk; TŮMA, Jiří. *Řízení elektrizačních soustav*. II. vydání. Praha : ČVUT Praha, 1990. 306 s.
- [2] TŮMA, Jiří, et al. *Spolehlivost v elektroenergetice*. I. vydání. ČVUT Praha : CONTE spol. s r. o., 2005. 291 s. ISBN 80-239-6483-6.
- [3] HRADÍLEK, Zdeněk. *Elektroenergetika distribučních a průmyslových zařízení*. Ostrava : MONTANEX a.s., 2008. 364 s. ISBN 987-80-7225-291-6.
- [4] KREJČÍ, Petr. *Cvičení z elektroenergetiky*. Ostrava : Fakulta elektrotechniky a informatiky, 2003. 208 s.
- [5] ORSÁGOVÁ, Jaroslava. *Rozvodná zařízení*. [s.l.] : [s.n.], 200?. 106 s. Dostupné z WWW: <[http://hosting.pilsfree.cz/fantom/FEL/!SZZ\\_2010/Rozvodna\\_zarizeni.pdf](http://hosting.pilsfree.cz/fantom/FEL/!SZZ_2010/Rozvodna_zarizeni.pdf)>.
- [6] HODINKA, Miloslav. *Elektrické sítě I.*. Ostrava : Vysoká škola báňská v Ostravě, 1973. 317 s.
- [7] RUSEK, Stanislav. *Teoretická elektroenergetika* : Učební texty. Ostrava : Fakulta elektrotechniky a informatiky, 2007. 75 s.
- [8] MEDVEC, Zdeněk. *Ochrany a automatiky v rozvodu* : Učební texty. Ostrava : Fakulta elektrotechniky a informatiky, 2007. 155 s.
- [9] SANTARIUS, Pavel. *Elektrické stanice a vedení*. I. vydání. Ostrava : VŠB v Ostravě, 1990. 215 s. ISBN 80-7078-032-0.
- [10] HODINKA, Miloslav; FECKO, Štefan; NĚMEČEK, František. *Přenos a rozvod elektrické energie*. I. vydání. Praha : SNTL - Nakladatelství technické literatury, 1989. 328 s. ISBN 80-03-00065-3.
- [11] MEDVEC, Zdeněk. *Přechodové jevy v elektrizačních soustavách.*. Ostrava : Vysoká škola báňská, 2007. 67 s.
- [12] Pravidla provozování přenosové soustavy (PPPS). *Kodex přenosové soustavy*. Praha : ČEPS a.s., 10.06.2010. 252 s. Dostupné z WWW: <<http://ceps.cz/detail.asp?cepsmenu=5&IDP=61&PDM2=0&PDM3=0&PDM4=0#I>>.
- [13] Pravidla provozování distribučních soustav. *Síťový kodex distribučních soustav*. Praha : ČEZ Distribuce, a.s., E.ON, a.s., PREdistribuce, a.s., prosinec.2008. 86 s. Dostupné z WWW: < [http://www.cezdistribuce.cz/edee/content/file-other/distribuce/energeticka-legislativa/ppds/2009/ppds\\_2009.pdf](http://www.cezdistribuce.cz/edee/content/file-other/distribuce/energeticka-legislativa/ppds/2009/ppds_2009.pdf) >.
- [14] SMOČEK, Martin. *Projektování venkovních i kabelových vedení*. Ostrava, 2009. 75 s. Bakalářská práce. VŠB-TU Ostrava.
- [15] Česká Republika. Vyhláška č. 41/2010 Sb. : Vyhláška o kvalitě dodávek elektřiny a souvisejících služeb v elektroenergetice. In *Sbírka zákonů*. 2010, 15, s. 498-526. ISSN 1211-1244
- [16] Česká Republika. Vyhláška č. 79/2010 Sb. : Vyhláška o dispečerském řízení elektrizační soustavy a o předávání údajů pro dispečerské řízení. In *Sbírka zákonů*. 2010, 26, s. 914-960. ISSN 1211-1244



- [17] Česká Republika. Vyhláška č. 80/2010 Sb. : Vyhláška o stavu nouze v elektroenergetice a obsahových náležitostech havarijního plánu. In *Sbírka zákonů*. 2010, 26, s. 914-960. ISSN 1211-1244
- [18] LOSA, Ilaria; BERTOLDI, Osvaldo. Regulation of continuity of supply in the electricity sector and cost of energy not supplied. In [online]. [s.l.] : [s.n.], 2010 [cit. 2011-05-03]. Dostupné z WWW: <[http://www.iccgov.org/iew2009/speakersdocs/Losa-et-al\\_paper\\_RegulationOfContinuityOfSupplyInTheElectricitySector.pdf](http://www.iccgov.org/iew2009/speakersdocs/Losa-et-al_paper_RegulationOfContinuityOfSupplyInTheElectricitySector.pdf)>.
- [19] MOLDŘÍK, Petr. *Program pro multikriteriální analýzu : Uživatelská příručka*. [s.l.] : [s.n.], 2007. 14 s.
- [20] PROKOP, Lukáš. *Ocenění nedodané energie*. Ostrava : Vysoká škola báňská, Katedra elektroenergetiky. Presentace powerpoint.

## 11. Seznam obrázků

<b>Obrázek 1</b>	Vpravo inteligentní odpínač FLA fy Dribo a vlevo úsekový odpínač VLK fy IVEP Brno .	6
<b>Obrázek 2</b>	Venkovní dálkově ovládaný automatický recloser SADS OSM27 pro síť 22 kV .....	6
<b>Obrázek 3</b>	Vlevo úsekový odpojovač zavěšený v lanech Flr-v a vpravo úsekový odpojovač na kotevním izolátoru Flr-k. Výrobce firma Dribo, s.r.o.....	6
<b>Obrázek 4</b>	Úsekový odpojovač UO 22 fy SEZ Krompachy .....	7
<b>Obrázek 5</b>	Soubor prvků elektrizační soustavy .....	1
<b>Obrázek 6</b>	Paprsková síť .....	7
<b>Obrázek 7</b>	Průběžná síť .....	9
<b>Obrázek 8</b>	Vedení napájené z jedné strany .....	9
<b>Obrázek 9</b>	Okružní síť .....	12
<b>Obrázek 10</b>	Vedení napájené ze dvou stran .....	13
<b>Obrázek 11</b>	Hřebenová síť .....	14
<b>Obrázek 12</b>	Vedení napájené ze tří stran.....	14
<b>Obrázek 13</b>	Mřížová síť .....	16
<b>Obrázek 14</b>	Uzlová síť se třemi napáječi .....	16
<b>Obrázek 15</b>	Příklad městské sítě vn/nn .....	18
<b>Obrázek 16</b>	T-článek .....	20
<b>Obrázek 17</b>	Π-článek .....	20
<b>Obrázek 18</b>	Časový průběh proudového zatížení jednotlivých vývodů za 24 hodin .....	32
<b>Obrázek 19</b>	Schematické znázornění napájení rozvodny Kunčice .....	33
<b>Obrázek 20</b>	Grafické znázornění zatížení transformátorů v okolních rozvodnách při havarijním napájení rozvodny Kunčice .....	36
<b>Obrázek 21</b>	Selektivita ochran pro napájecí cestu rozvodny Kunčice .....	37
<b>Obrázek 22</b>	Schematické znázornění havarijního napájení rozvodny CLOU pro variantu 1 .....	40
<b>Obrázek 23</b>	Grafické znázornění zatížení transformátorů v okolních rozvodnách .....	42
<b>Obrázek 24</b>	Schematické znázornění havarijního napájení rozvodny CLOU pro variantu 2 .....	42
<b>Obrázek 25</b>	Selektivita ochran napájecí cesty rozvodny CLOU .....	44
<b>Obrázek 26</b>	Grafické znázornění zatížení transformátorů v okolních rozvodnách .....	44
<b>Obrázek 27</b>	Schematické znázornění napájení rozvodny PASK 22 kV pro variantu 1 .....	47
<b>Obrázek 28</b>	Grafické znázornění zatížení transformátorů v okolních rozvodnách .....	49
<b>Obrázek 29</b>	Schematické znázornění napájení rozvodny Paskov 22 kV pro variantu 2.....	49
<b>Obrázek 30</b>	Grafické znázornění zatížení transformátorů v okolních rozvodnách .....	51
<b>Obrázek 31</b>	Schematické znázornění napájení rozvodny PASK 10 kV .....	52
<b>Obrázek 32</b>	Grafické znázornění zatížení transformátorů v okolních rozvodnách .....	53
<b>Obrázek 33</b>	Schematické znázornění napájení rozvodny PASK z rozvodny VYSC s vyznačením DTS, v nichž lze provádět manipulace .....	54
<b>Obrázek 34</b>	Schematické znázornění napájení rozvodny OVRU z rozvodu KUNC a Zábřeh .....	57
<b>Obrázek 35</b>	Grafické znázornění zatížení transformátorů v okolních rozvodnách .....	58
<b>Obrázek 36</b>	Schematické znázornění elektrických ochran v napájecí cestě rozvodny OVRU .....	58
<b>Obrázek 37</b>	Schematické znázornění napájení rozvodny OVRU z rozvodny ETBE.....	59
<b>Obrázek 38</b>	Grafické znázornění zatížení transformátorů v okolních rozvodnách .....	60
<b>Obrázek 39</b>	Schematické znázornění napájení rozvodny Rudná z rozvodny Černá Louka.....	60
<b>Obrázek 40</b>	Grafické znázornění zatížení transformátorů v okolních rozvodnách .....	61
<b>Obrázek 41</b>	Schematické znázornění elektrických ochran v napájecí cestě rozvodny OVRU .....	62

<b>Obrázek 42</b>	Grafické znázornění zatížení transformátorů v okolních rozvodnách .....	63
<b>Obrázek 43</b>	Část kabelové sítě 10 kV mezi rozvodnami VYSC a OVRU .....	63
<b>Obrázek 44</b>	Schematické znázornění napájení rozvodny VYSC z rozvodu OVRU a PASK .....	64
<b>Obrázek 45</b>	Grafické znázornění zatížení transformátorů v okolních rozvodnách .....	68
<b>Obrázek 46</b>	Schematické znázornění elektrických ochranných v napájecí cestě rozvodny OVET .....	70
<b>Obrázek 47</b>	Schematické znázornění napájení rozvodny OVET z rozvodu ETBE a CLOU .....	70
<b>Obrázek 48</b>	Grafické znázornění zatížení transformátorů v okolních rozvodnách .....	72
<b>Obrázek 49</b>	Schematické znázornění napájení rozvodny OVET z rozvodu ETBE, KUNC, Nová Radnice a CLOU .....	72
<b>Obrázek 50</b>	Grafické znázornění zatížení transformátorů v okolních rozvodnách .....	74
<b>Obrázek 51</b>	Schematické znázornění napájení rozvodny OVET z rozvodu ETBE, CLOU, Nová Radnice a CLOU .....	74
<b>Obrázek 52</b>	Grafické znázornění zatížení transformátorů v okolních rozvodnách .....	76
<b>Obrázek 53</b>	Síť vvn 110 kV ETBE .....	76
<b>Obrázek 54</b>	Schematické znázornění napájení rozvodny ETBE .....	78
<b>Obrázek 55</b>	Grafické znázornění zatížení transformátorů v okolních rozvodnách .....	80

## 12. Seznam tabulek

<b>Tabulka 1</b>	Kvantitativní vyjádření kmitočtu ES .....	2
<b>Tabulka 2</b>	Dovolené hodnoty normativních úbytků napětí .....	5
<b>Tabulka 3</b>	Blondelovy konstanty pro T a II článek .....	20
<b>Tabulka 4</b>	Tabulka zatížení transformátorů 400/110 kV a 220/110 kV uzlových oblastí .....	28
<b>Tabulka 5</b>	Zálohované rozvodny prostřednictvím jejichž přípojníc je vyveden výkon do ES .....	29
<b>Tabulka 6</b>	Tabulka bilancí výkonů v uzlových oblastech Lískovec a Albrechtice .....	30
<b>Tabulka 7</b>	Transformátory v rozvodně Kunčice a jejich zatížení .....	31
<b>Tabulka 8</b>	Tabulka výchozího stavu rozvodny Kunčice .....	31
<b>Tabulka 9</b>	Tabulka manipulací v rozvodně Kunčice .....	34
<b>Tabulka 10</b>	Tabulka manipulací v rozvodně Zábřeh .....	35
<b>Tabulka 11</b>	Tabulka manipulací v okolních rozvodnách .....	35
<b>Tabulka 12</b>	Tabulka manipulací v síti vn 22 kV .....	35
<b>Tabulka 13</b>	Srovnání zatížení transformátorů v okolních rozvodnách při havarijním napájení Kunčic .....	36
<b>Tabulka 14</b>	Transformátory v rozvodně Černá Louka a jejich zatížení .....	38
<b>Tabulka 15</b>	Tabulka výchozího stavu rozvodny CLOU .....	39
<b>Tabulka 16</b>	Tabulka manipulací v rozvodně CLOU .....	41
<b>Tabulka 17</b>	Tabulka manipulací v okolních rozvodnách .....	41
<b>Tabulka 18</b>	Tabulka změn zatížení transformátorů v rozvodnách CLOU, OVET a ETBE .....	41
<b>Tabulka 19</b>	Tabulka manipulací v okolních rozvodnách .....	43
<b>Tabulka 20</b>	Tabulka změn zatížení transformátorů v rozvodnách CLOU, OVET a ETBE .....	44
<b>Tabulka 21</b>	Tabulka bilancí výkonů v uzlových oblastech Albrechtice a Lískovec .....	45
<b>Tabulka 22</b>	Transformátory v rozvodně Paskov a jejich zatížení .....	46
<b>Tabulka 23</b>	Tabulka výchozího stavu rozvodny PASK 22 kV .....	46
<b>Tabulka 24</b>	Tabulka manipulací v rozvodně PASK 22 kV .....	48
<b>Tabulka 25</b>	Tabulka manipulací v okolních rozvodnách .....	48

<b>Tabulka 26</b>	Tabulka zatížení transformátorů v okolních rozvodnách.....	48
<b>Tabulka 27</b>	Tabulka zatížení transformátorů v okolních rozvodnách.....	50
<b>Tabulka 28</b>	Tabulka výchozího stavu rozvodny PASK 10 kV .....	52
<b>Tabulka 29</b>	Tabulka manipulací v DTS s dálkově ovládanými prvky .....	52
<b>Tabulka 30</b>	Tabulka zatížení transformátorů v okolních rozvodnách.....	53
<b>Tabulka 31</b>	Tabulka bilancí výkonů v uzlových oblastech Nošovice, Prosenice a Horní Životice .....	55
<b>Tabulka 32</b>	Tabulka zatížení transformátorů v rozvodně Martinov .....	55
<b>Tabulka 33</b>	Transformátory v rozvodně Rudná a jejich zatížení pro 22 kV .....	56
<b>Tabulka 34</b>	Tabulka výchozího stavu rozvodny Rudná 22 kV .....	56
<b>Tabulka 35</b>	Tabulka manipulací v rozvodnách .....	57
<b>Tabulka 36</b>	Zatížení transformátorů v okolních rozvodnách .....	58
<b>Tabulka 37</b>	Tabulka manipulací ve stávajících DTS a rozvodnách .....	59
<b>Tabulka 38</b>	Zatížení transformátorů v rozvodně ETBE .....	59
<b>Tabulka 39</b>	Tabulka manipulací a změna zatížení vývodů v rozvodně Mariánské Hory .....	61
<b>Tabulka 40</b>	Tabulka srovnání zatížení transformátorů v okolních rozvodnách .....	61
<b>Tabulka 41</b>	Tabulka srovnání zatížení vývodů v rozvodně OVRU 10 kV před a po zálohování .....	62
<b>Tabulka 42</b>	Tabulka srovnání zatížení transformátorů v okolních rozvodnách .....	63
<b>Tabulka 43</b>	Transformátory v rozvodně Výškovice a jejich zatížení.....	64
<b>Tabulka 44</b>	Tabulka manipulací a srovnání zatížení vývodů v rozvodně VYSC 10 kV před a po jejím zálohování .....	66
<b>Tabulka 45</b>	Tabulka manipulací v DTS .....	66
<b>Tabulka 46</b>	Srovnání proudových hodnot vývodů v rozvodně PASK při záložním napájení VYSC..	67
<b>Tabulka 47</b>	Srovnání proudových hodnot vývodů v rozvodně OVRU při záložním napájení VYSC.	67
<b>Tabulka 48</b>	Tabulka zatížení transformátorů v okolních rozvodnách.....	67
<b>Tabulka 49</b>	Transformátory v rozvodně OVET a jejich zatížení .....	69
<b>Tabulka 50</b>	Tabulka výchozího stavu rozvodny OVET .....	69
<b>Tabulka 51</b>	Tabulka manipulací v rozvodně OVET .....	71
<b>Tabulka 52</b>	Tabulka manipulací v okolních rozvodnách .....	71
<b>Tabulka 53</b>	Tabulka zatížení transformátorů v okolních rozvodnách.....	71
<b>Tabulka 54</b>	Tabulka manipulací v rozvodně OVET .....	73
<b>Tabulka 55</b>	Zatížení transformátorů v okolních rozvodnách .....	73
<b>Tabulka 56</b>	Tabulka manipulací v rozvodně OVET .....	75
<b>Tabulka 57</b>	Tabulka manipulací v okolních rozvodnách .....	75
<b>Tabulka 58</b>	Zatížení transformátorů v okolních rozvodnách .....	75
<b>Tabulka 59</b>	Transformátory v rozvodně ETBE a jejich zatížení.....	77
<b>Tabulka 60</b>	Tabulka výchozího stavu rozvodny ETBE .....	77
<b>Tabulka 61</b>	Tabulka manipulací v rozvodně ETBE .....	79
<b>Tabulka 62</b>	Tabulka manipulací v okolních rozvodnách .....	79
<b>Tabulka 63</b>	Tabulka manipulací v síti vn 22 kV .....	80
<b>Tabulka 63</b>	Zatížení transformátorů v okolních rozvodnách .....	80
<b>Tabulka 61</b>	Tabulka hodnot kritérií pro jednotlivé varianty příslušných rozveden s řešením.....	82

## 13. Seznam příloh

Přílohy jsou uvedeny na mediálním nosiči, který je součástí této diplomové práce

Příloha č.1	Síť vvn 110 kV – stávající stav
Příloha č.2	Síť vvn 110 kV – zálohování transformátoru T204 v rozvodně Lískovec
Příloha č.3	Síť vvn 110 kV – zálohování transformátoru T401 v rozvodně Albrechtice
Příloha č.4	Síť vvn 110 kV – zálohování transformátoru T401 v rozvodně Nošovice
Příloha č.5	Síť vn 22 kV – stávající stav
Příloha č.6	Zálohování rozvodny KUNC
Příloha č.7	Zálohování rozvodny CLOU – varianta 1
Příloha č.8	Zálohování rozvodny CLOU – varianta 2
Příloha č.9	Zálohování rozvodny PASK 22 kV – varianta 1
Příloha č.10	Zálohování rozvodny PASK 22 kV – varianta 2
Příloha č.11	Síť vn 10 kV
Příloha č.12	Zálohování rozvodny PASK 10 kV
Příloha č.13	Zálohování rozvodny OVRU 22 kV – varianta 1
Příloha č.14	Zálohování rozvodny OVRU 22 kV – varianta 2
Příloha č.15	Zálohování rozvodny OVRU 22 kV – varianta 3
Příloha č.16	Zálohování rozvodny OVRU 10 kV
Příloha č.17	Zálohování rozvodny VYSC
Příloha č.18	Zálohování rozvodny OVET – varianta 1
Příloha č.19	Zálohování rozvodny OVET – varianta 2
Příloha č.20	Zálohování rozvodny OVET – varianta 3
Příloha č.21	Zálohování rozvodny ETBE
Tabulka č.1	Hodnoty regulačních stupňů podle vyhlášky č. 80/2010 Sb. Přílohy II.